Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

AMPÈRE et L'ÉLECTRICITÉ

Numéro de luxe hors série publié par

TECHNICA

Revue Technique Mensuelle de l'Association des
Anciens Elèves de l'Ecole Centrale Lyonnaise

A l'occasion du Centenaire
d'André-Marie AMPÈRE
et des Journées d'Etudes
de l'Electricité organisées
par la FOIRE DE LYON

MARS 1936

Prix : 6 francs

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

BONNEL PÈRE ET FILS

Société à responsabilité limitée capital 500.000 francs

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS (E. C. L. 1905 ET 1921)

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION

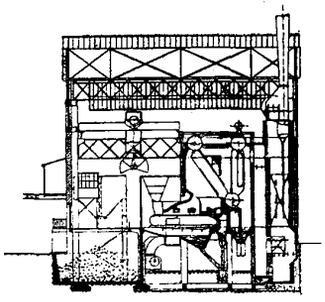
Tél. : P. 46-89 — **LYON - 14, avenue Jean-Jaurès**

MAÇONNERIE
BÉTON ARMÉ
BÉTON DE PONCE

Maison du Peuple à Vénissieux
M. L. Weckerlin, architecte D. P. L. G.

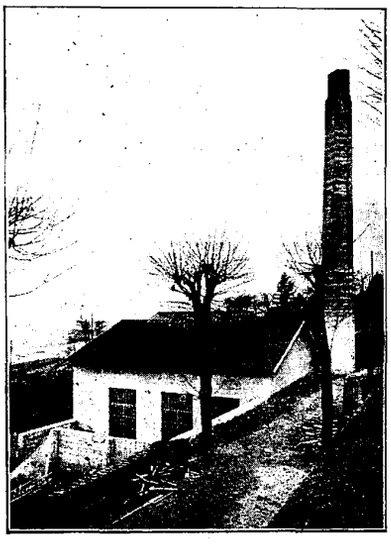
Petit Séminaire Saint-Hugues à Paray-le-Monial
M. G. Curtelin, architecte D. P. L. G.

SPÉCIALITÉ DE TRAVAUX INDUSTRIELS

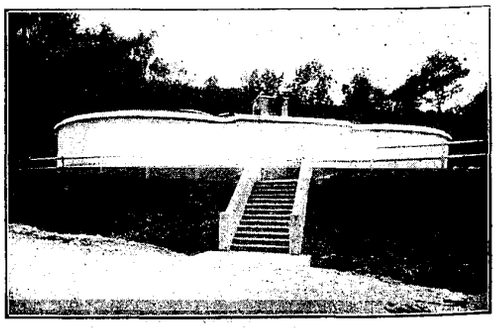


Ets Gillet et Fils, à Lyon. Usine de Serin
Chaufferie moderne de 40.000 kgs vap. heure

FUMISTERIE INDUSTRIELLE
CHAUDIÈRES - CHEMINÉES
FOURS



Hôpital Debrousse
Chaufferie avec cheminée béton armé



Réservoir béton armé de 1.000 m3
M. Marc Merlin, ingénieur-architecte

ÉTUDES - PLANS - DEVIS

EXÉCUTIONS EN TOUTES RÉGIONS

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

RATEAU

TURBINES A VAPEUR
AUXILIAIRES MARINS

SOUFFLANTES ET COMPRESSEURS CENTRIFUGES

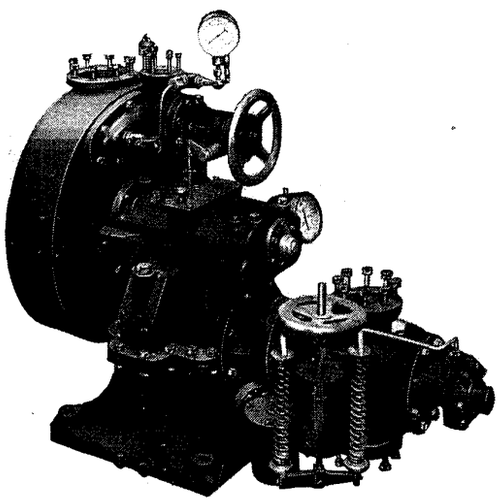
COMPRESSEURS A PISTONS

POMPES ET VENTILATEURS

ACCUMULATEURS DE VAPEUR

COMPRESSEURS POUR MOTEURS
— A COMBUSTION INTERNE —

ROBINETTERIE INDUSTRIELLE



Groupe Turbopompe à mazout de 7.800 kgs/h Pression 16 kgs/cm2. Vitesse 715/3.700 t./m. Livré aux Chantiers de Penhoët.

SOCIÉTÉ RATEAU LA COURNEUVE (SEINE)

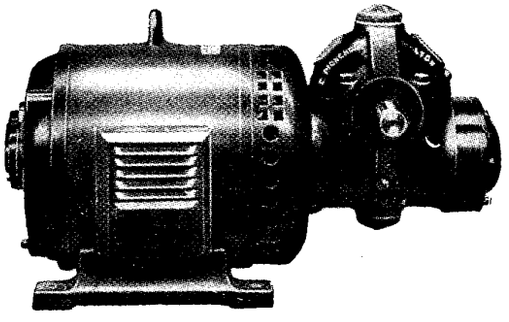
AGENCE DE LYON
36, rue Waldeck-Rousseau

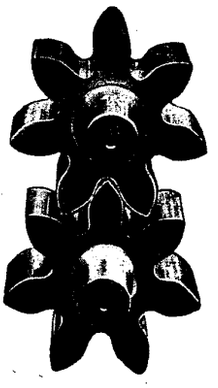
Tél. : Lalande 04-57 Adr. tél. TURMACHI-LYON

RÉDUCTEURS DE VITESSE

A VIS SANS FIN — PLANETAIRES — A ENGRENAGES

ρ = jusqu'à 98 % — ρ = 97 à 98 % — ρ = 97 à 998 %





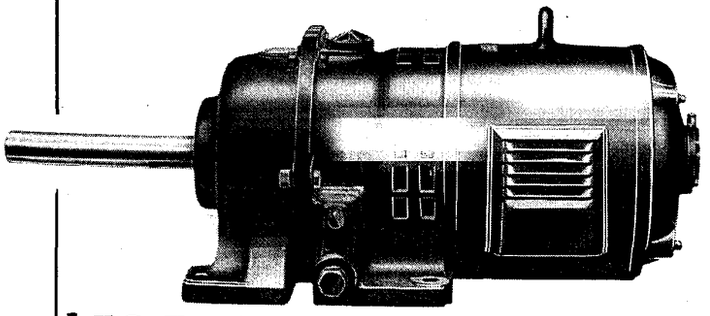
ENGRENAGES TOUS SYSTÈMES

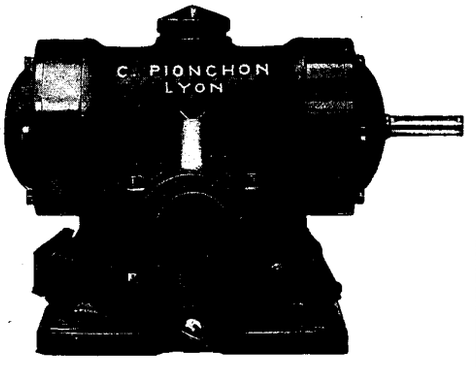
CEMENTATION

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Boites 4 vitesses pour Peugeot 201-301

C. PIONCHON
24, rue de la Cité — LYON



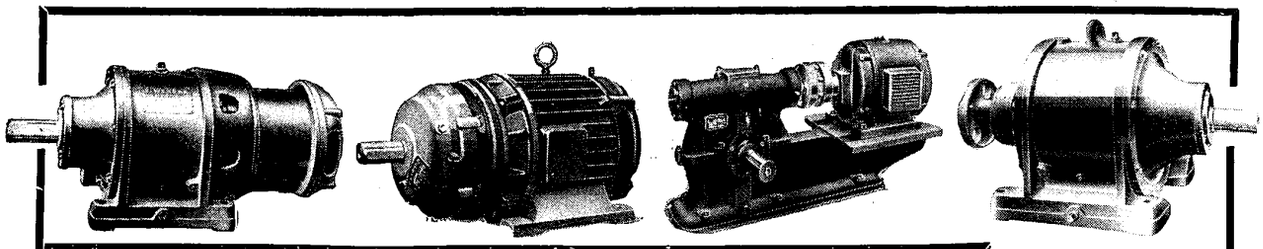


LES ENGRENAGES PIONCHON

J. PIONCHON, ECL 1920 E. PIONCHON, ECL 1923 M. PIONCHON, ESCL 1919

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



RÉDUCTEURS de VITESSE

Société Nouvelle des Anciens Etablissements

F. WENGER

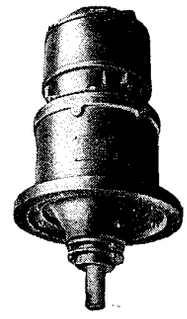
1, Avenue Daumesnil, PARIS (12e) — Dorian 49-78

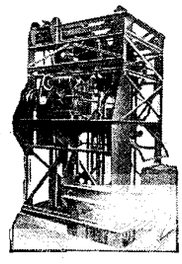
USINES A LYON

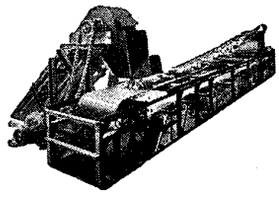
2 spécialités

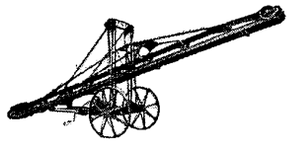
30 années d'expérience

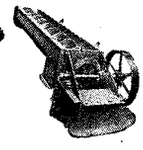
MANUTENTION MÉCANIQUE

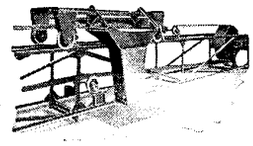


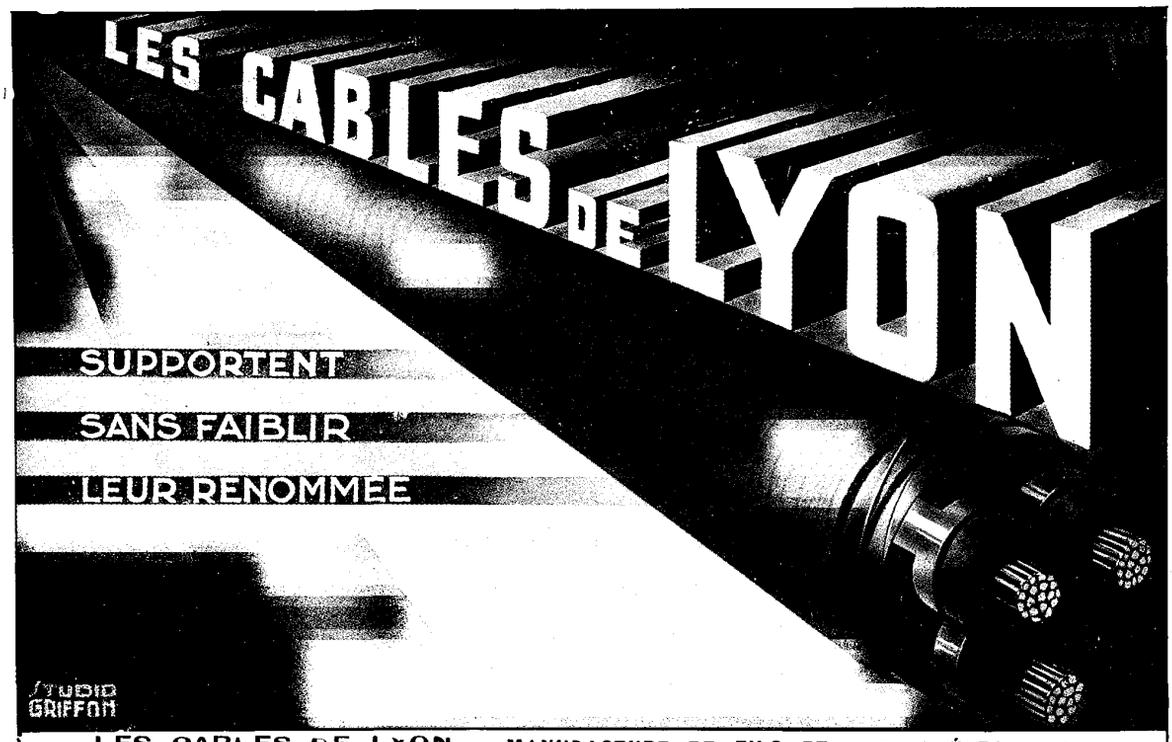












LES CABLES DE LYON — MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ, SIÈGE SOCIAL : 54, RUE LA BOÉTIE, PARIS
—:— DIRECTION GÉNÉRALE ET BUREAUX : 170-172 AVENUE JEAN-JAURÈS, LYON —:—

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LA SOUDURE AUTOGÈNE FRANÇAISE

Société Anonyme au Capital de 12 millions de Francs

SAF **DIRECTION GÉNÉRALE : 75, quai d'Orsay, PARIS (7e)** **SAF**

AGENCE DE LYON :

66, rue Molière *Tél. : Moncey 14-51* (R. C. 1840)

La soudure autogène et l'oxycoupage ont introduit une technique nouvelle dans la construction métallique.

Les progrès réalisés en soudure depuis trente ans permettent d'obtenir dans le métal fondu au chalumeau oxyacétylénique à l'arc électrique ou à l'hydrogène atomique, des caractéristiques mécaniques égales, sinon supérieures à celle du métal laminé ou forgé.

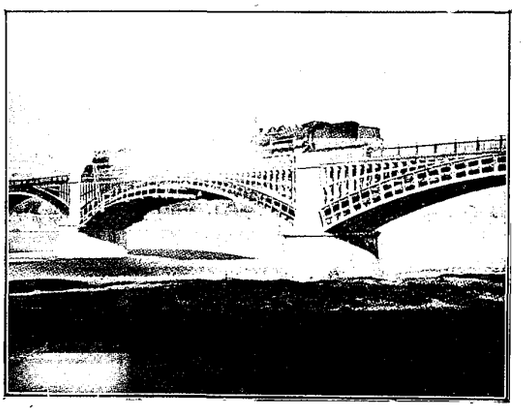
Une littérature technique abondante donne à tous les degrés les renseignements les plus utiles à l'ingénieur, au contremaître et à l'ouvrier.

L'emploi de la soudure autogène en construction métallique n'est exclusif d'aucun autre procédé susceptible de concourir au but poursuivi. C'est ainsi que de nombreux viaducs ont été renforcés à la fois par soudure et par l'adjonction de ciment armé.

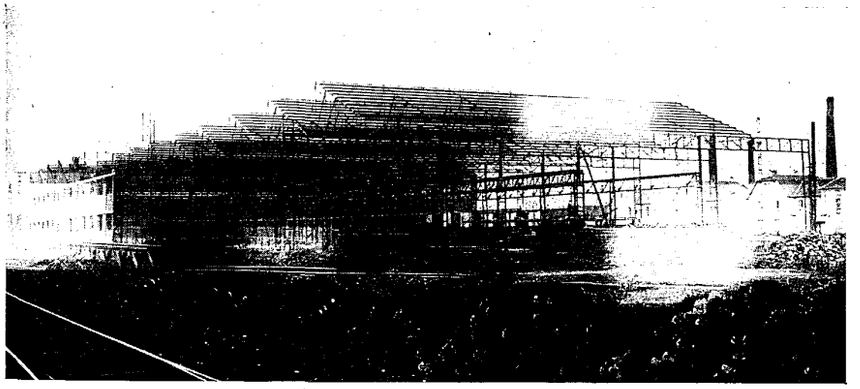
Cependant, la soudure autogène n'est pas restée pour les ponts un simple procédé de renforcement ou de réparation. Elle est admise pour les ouvrages neufs, et plusieurs ponts entièrement soudés sont en service depuis plusieurs années.

Le Bureau Véritas a jugé que la soudure devait être admise pour les charpentes et les planchers. Il a fixé les conditions à imposer à la soudure, conditions qui sont facilement obtenues et même dépassées.

La simplification des assemblages en charpentes procure une économie de poids importante, qui réagit sur le prix des fondations. Le gousset disparaît et la concordance des axes dans les nœuds d'assemblage permet d'appliquer le calcul dans toute sa rigueur. Les moments secondaires dus au glissement des rivets sont supprimés.



Viaduc de la Voulte aprés renforcement.



Charpente métallique soudée.

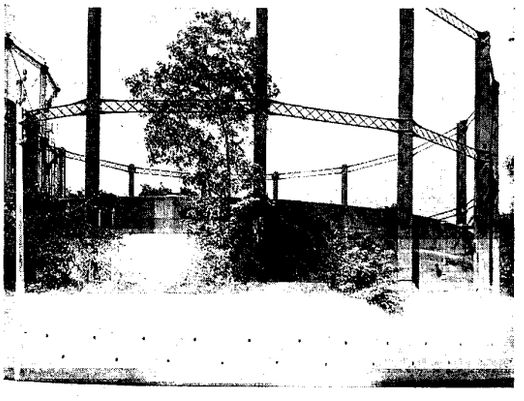
Le pont roulant lui-même est soudé. Il se révèle alors capable de supporter des charges très supérieures à celles qu'on aurait prévues avec le rivetage.

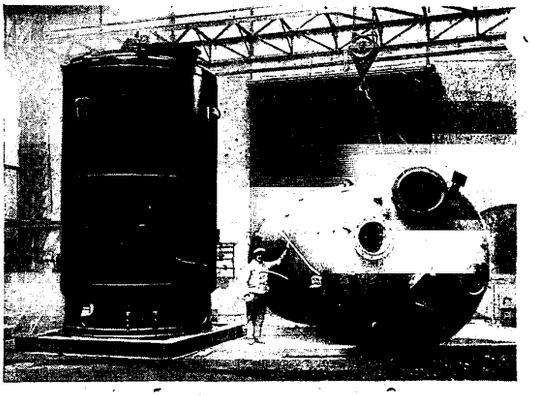
En construction mécanique, le bâti en fonte ou même en acier moulé est remplacé par un bâti en acier laminé, découpé au chalumeau et soudé.

Les alternateurs les plus puissants sont entièrement soudés et leurs volants sont constitués par des tôles découpées au chalumeau.

La chaudronnerie ne pouvait manquer de faire l'appel le plus large à la soudure autogène. Les chaudières et les réservoirs les plus divers, soumis aux pressions les plus élevées, sont construit par soudure.

On la voit servir aujourd'hui à des réparations qui peuvent sembler particulièrement audacieuses, comme celles des gazomètres d'usines à gaz. La figure ci-dessous représente un gazomètre de l'usine à gaz de Toulouse, réparé en service par soudure autogène.



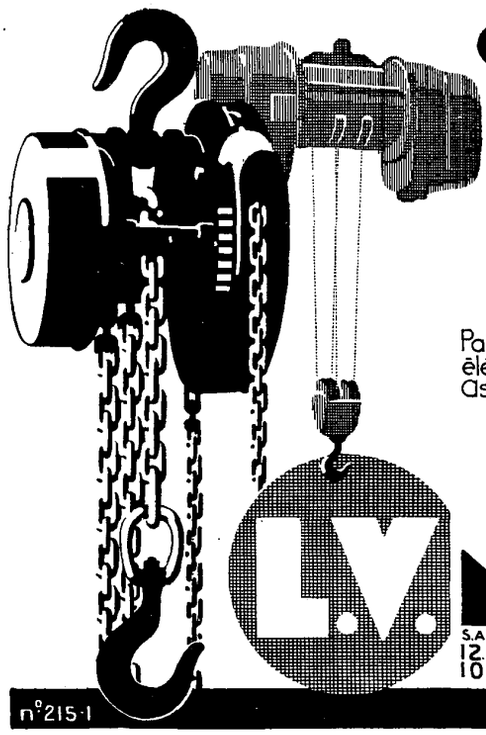


Cuves et bâtis de mécanisme soudés.

La Soudure Autogène Française
vous donnera le moyen de réaliser toutes constructions

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



d'infatigables porteurs..

APPAREILS DE LEVAGE ET DE MANUTENTION
à bras et électriques

Palans à vis. Palans à engrenages. Palans et Monorails électriques. Mouffles Treuils. Crics. Grues. Monte-charges Ascenseurs. Chariots roulants. Tire-sacs. élévateurs. Ponts Roulants. etc...

ENTÊTE DE LA FABRICATION FRANÇAISE DEPUIS 1858.

ÉTABLISSEMENTS

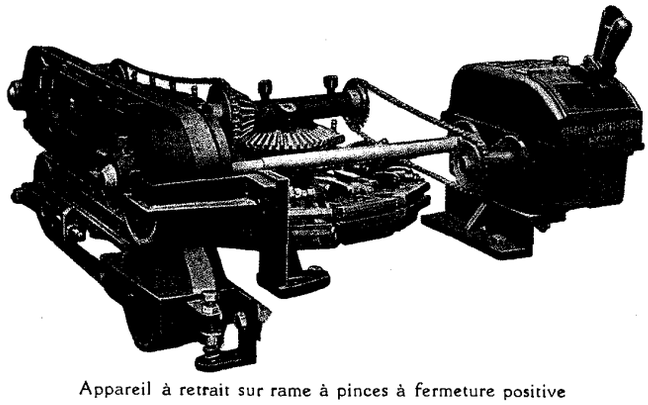
Mce VERLINDE

S.A.R.L. CAPITAL 2.000.000 DE FRS. ING^A S.M. (CHALONS 98.01)
12.16.18 Rue Malus. Lille. Nord. Tél. 38-77.25-32
10. Rue Jean-Jaurès. Puteaux. Tél. 01-20 01-83

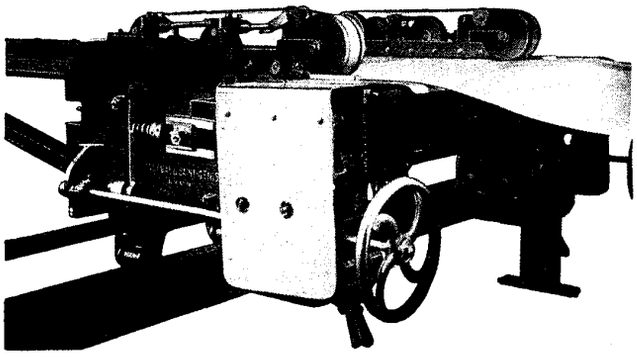
n° 215-1 PUBL. G. BAUDEL

Ingénieur-représentant M. Georges BONIFAS, 24, cours de la Liberté, LYON - Tél. Moncey 52-76

Départements : Ain, Ardèche, Côte-d'Or, Drôme. Isère, Jura, Loire, Rhône, Saône-et-Loire, Savoie, Haute-Savoie



Appareil à retrait sur rame à pinces à fermeture positive



Appareil à retrait sur rame à aiguilles

GANEVAL & SAINT-GENIS

SUCCESSEURS DE VARIGNIER, GOUBILLON ET GANEVAL

Société à responsabilité limitée au cap. de 620.000 frs

27-29-31, rue Bellecombe, LYON

INGENIEURS-CONSTRUCTEURS

MATERIEL MODERNE POUR DECREUSAGE TEINTURE ET APPRETS FINISSAGE DES TISSUS

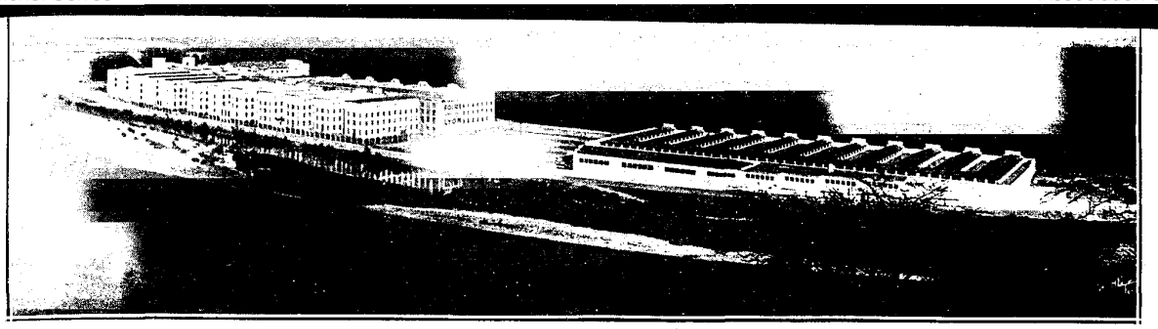
DE SOIE PURE ET RAYONNES, LAINE, COTON, LIN

Rames à Picots à 4 parcours pour rayonnes

Machines Spéciales d'essorage de rayonne

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



La Foire de Lyon et le Centenaire d'Ampère

La grande institution lyonnaise de la Foire de Lyon ne se tient pas pour satisfaite de présenter chaque année au public, dans un palais unique au monde, des échantillons de marchandises et de produits les plus divers, — venus de l'univers entier — et d'offrir ainsi au commerce un marché qui, par son ampleur et par l'importance de la clientèle qu'il attire, est pendant deux semaines un centre d'affaires incomparable.

Par ses journées d'études, elle offre, de plus, à ceux qu'intéresse l'avancement du progrès scientifique, industriel ou social, des occasions de se rencontrer, et, à la lumière de discussions courtoises, d'élaborer des principes, de dégager des solutions et de poser les bases des techniques nouvelles. Nous avons eu ainsi, successivement — pour ne citer que les plus récentes — les Journées du froid et du chauffage industriel, les Journées de la sécurité, les Journées de la navigation intérieure, et, cette année, la Foire de Lyon a mis à la disposition du Comité d'organisation des Journées d'Etudes et de l'Exposition scientifique de l'Electricité, organisées à l'occasion des fêtes du centenaire d'André-Marie Ampère, son magnifique palais, sa parfaite organisation et l'appoint des milliers de visiteurs et d'hommes d'affaires attirés à Lyon par la Foire.

La presse mondiale a constaté le succès de ces manifestations et reconnu leur irréprochable ordonnance. L'Exposition scientifique de l'Electricité, avec ses cinq sections : production et distribution de l'énergie, traction, télécommunication, radiation, et surtout la rétrospective de la lumière, constituait une merveilleuse synthèse de tout ce que les découvertes d'Ampère ont valu aux hommes de bien-être et de commodités.

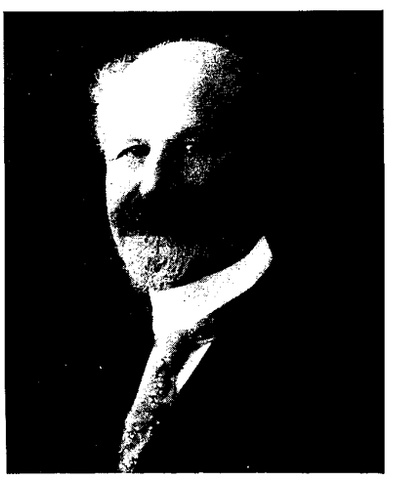
Il est, toutefois, une partie de cette exposition qui, tout particulièrement, a intéressé la foule : nous voulons parler du salon réservé spécialement aux souvenirs d'André-Marie Ampère. Des milliers de visiteurs ont défilé, émus et recueillis, devant les feuillets jaunis qui nous révèlent l'existence, trop souvent douloureuse et cruelle, du pauvre grand savant : lettres à sa femme Julie et à son fils Jean-Jacques, journal intime tenu jour par jour de sa grosse écriture d'enfant, et mille autres souvenirs que nous devons savoir gré à la Société des Amis d'André-Marie Ampère, et particulièrement à son délégué général, M. Eugène Dumont, d'avoir rassemblé au prix de quelles difficultés et de quels soins pieux.

Nous n'essaierons pas de rendre compte des Journées d'études, auxquelles ont participé des savants venus de toute l'Europe. Il faudra lire dans le texte intégral qui sera publié par le Comité d'organisation, ces leçons de maîtres, tels que MM. les professeurs Langevin, Perrin, Fabry, Louis de Broglie, membres de l'Académie des Sciences ; Maurice de Broglie, membre de l'Académie Française et de l'Académie des Sciences ; Dejardin, Longchambon, Thibaut, et des techniciens éminents, dont la participation a donné à ces Journées un caractère de si haute tenue scientifique.

Clichés « Vie Lyonnaise ».

M. EDOUARD HERRIOT
Maire de Lyon
(*Photo Sylvestre*).

M. LOUIS LUMIERE
Président de la Société
des Amis d'André-Marie Ampère



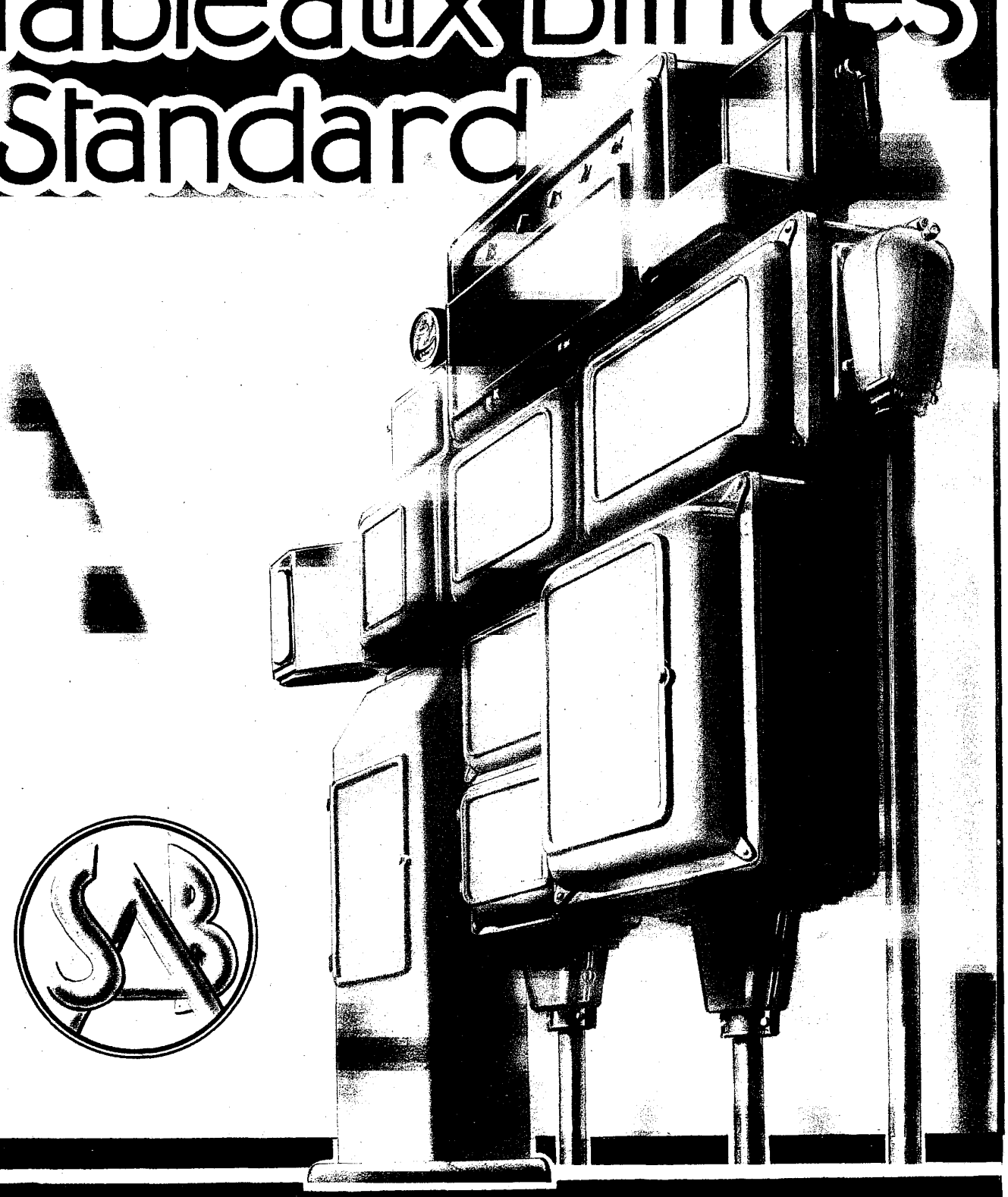
M. PAUL JANET
Directeur de l'Ecole
Supérieure d'Electricité

Présidents du Comité National du Centenaire d'André-Marie Ampère

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Tableaux Blindés Standard



B. Arnaud - Lyon-Paris

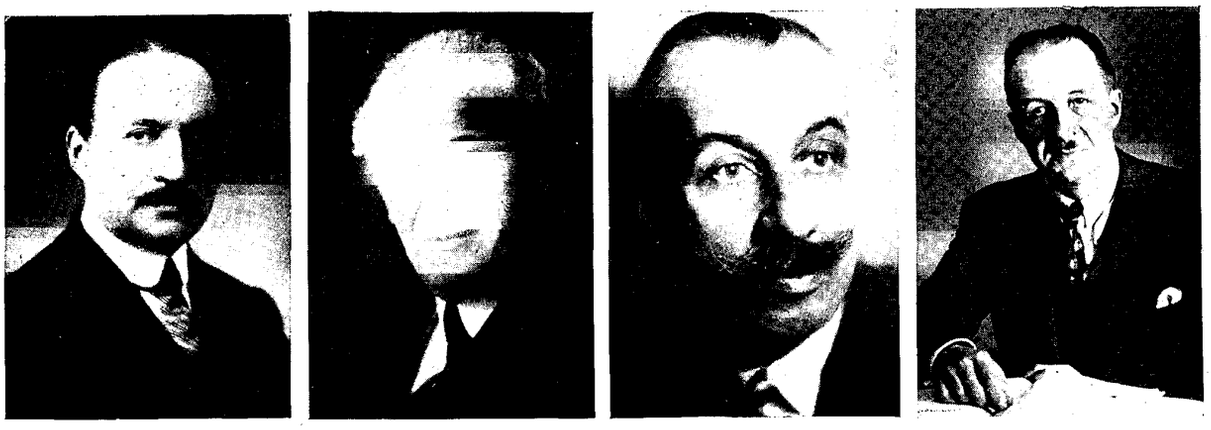
Stᵉ D'APPAREILLAGE BLINDÉ

16-18, Rue Henri-Pensier — LYON — Téléph. : Parmentier 26-04

R. C. Lyon B. 52-67

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



M. CHALUMEAU M. DUMONT M. MEIFREDY M. THALLER
Commissaires Généraux du Comité d'Organisation du Centenaire d'André-Marie Ampère

Signalons, en passant, la conférence, suivie d'expériences, faite le vendredi 6 mars, avec un grand succès, au cours d'une soirée de gala, salle Molière, par un homme dont la valeur et la renommée sont un sujet de légitime fierté pour les ingénieurs E. C. L., car il est des leurs, nous voulons parler de M. Joseph Béthenod (E. C. L. 1901), président de la Société Française des Electriciens.

Grâce à l'intelligente initiative et au dévouement des personnalités qui ont organisé ces manifestations inoubliables, et, en particulier, du président du Comité, M. René Piaton, des quatre commissaires généraux : MM. Chalumeau, Dumont, Meiffredy, Thaller ; grâce aussi au concours de la Foire de Lyon, le centenaire d'André-Marie Ampère a donc été dignement célébré dans notre ville. Cette apothéose d'un des plus hauts et des plus purs génies lyonnais a été, pour nos concitoyens, une occasion de sentir plus fortement la nécessité de l'union et de la solidarité.

La Foire de Lyon a bénéficié elle aussi de ces grandes et belles journées, car jamais, croyons-nous, depuis le début de la crise économique qui nous étreint, le succès de la réunion de printemps n'avait été aussi caractérisé. Le nombre des visiteurs a marqué une progression très nette et le chiffre des affaires traitées est nettement supérieur à celui des années précédentes.

Il nous plaît de voir, dans cette réussite, une promesse d'avenir et un gage de renouveau.

Quelques Stands remarqués à la Foire

LES BENNES MARREL

Saint-Etienne (Loire)

Dépôt : 81, avenue Berthelot — LYON

Présentaient à leur clientèle, sous le nouveau hall, leur nouvelle fabrication de basculeur hydraulique, carrosserie industrielle, pelleteuses pour manutentionner tous genres de matériaux comme charbons, coke, betteraves, etc.

A la section agricole, leur tracteur de 12 CV type **Celtic** a été des plus remarqué.

POMPE ELECTRIQUE S. P. E.

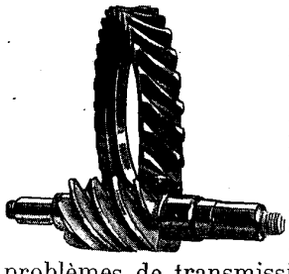
51, rue Cartier-Bresson, Pantin (Seine)

Dans ce stand a été remarquée une pompe sans presse-étoupe du type centrifuge basée sur l'équilibre des pressions. Un dispositif remédie intégralement aux défauts classiques des presse-étoupes qui sont : grande puissance absorbée, risques de blocage, usure de l'arbre et désamorçage.

Cette pompe s'emploie dans tous usages domestiques et agricoles et simplifie la question des installations pour puits profonds.

C. PIONCHON

24, rue de la Cité, Lyon



Cette exposition, très remarquée, attire l'attention des visiteurs sur la notion de « QUALITE ». — Des engrenages à denture spéciale montrent, par leur parfait engrènement, l'importance des études de dentures dans les problèmes de transmission lorsque la DUREE, le SILENCE et le RENDEMENT sont recherchés.

Des groupes moteurs réducteurs « MONOBLOCS » sous toutes leurs formes : verticale, horizontale, de côté, impressionnent par leur marche silencieuse.

Dans le domaine de l'automobile, une boîte 4 vitesses adaptable aux voitures Peugeot 201-301, vient heureusement compléter les fabrications de la Maison C. PIONCHON — J. et E. PIONCHON, E. C. L. 1920-1923. (Voir annonce page 1.)

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LE GRIP-CUIR

F. PREBET, 30, rue d'Enghien — PARIS

Le " Grip-Cuir ", composé de matières grasses, supprime le glissement des courroies qui dureront beaucoup plus longtemps. Ainsi, les courroies fonctionnent détendues sous toutes les charges. Vous ne perdez pas de temps à les retendre. Vous évitez le frottement des paliers dû à la tension.

ETABLISSEMENTS GRAMMONT

Société des lampes FOTOS

20, quai de Retz, LYON

Lampes d'éclairage. Lampes T. S. F.
Appareillage électrique. Postes T. S. F.
Usines à Lyon.

Stand particulièrement remarqué où se pressaient de très nombreux visiteurs et acheteurs.

ETABLISSEMENTS GENTILINI & BERTHON

16, rue Saint-Michel, LYON

Stands particulièrement remarqués. Installation de *grandes cuisines ;* gaz, vapeur, mazout, électricité, charbons. *Buanderie mécanique. Chauffage central* tous systèmes.

CARBOLUX — MINES DE BRUAY

Dépositaire : P. RIGAUD, Ingénieur E. C. L.

3, rue Gaspard-André, 3 — LYON

Dans ce stand ont été démontrées les principales caractéristiques de ce nouveau combustible.

Le *Carbolux* est un combustible sans fumée, mis au point pour les divers usages domestiques, surtout dans les centres urbains où l'on recherche l'absence de poussières, la suppression des fumées et des suies.

Il s'emploie pour remplacer l'anthracite dans les phares, chaudière de chauffage central, cuisinières, et tous usages domestiques.

Ses principaux *avantages* sont les suivants :

Il ne donne :

Ni Pierre
Ni Déchet
Ni Suie
Ni Fumée

D'autre part, sa propriété de brûler avec peu d'air (grande réactivité) lui assure un rendement supérieur à celui de l'anthracite et exclut la formation de mâchefers.

Le succès que remporte ce combustible auprès de la clientèle a établi définitivement sa réputation.

COFACTA

Chaudières automatiques à charbon. Tout acier

Cette chaudière représente la nouvelle formule de chauffage automatique. L'échangeur forme, avec son foyer automatique et le trémie de combustible, un tout homogène. La construction TOUT ACIER spécial permet d'obtenir des taux de rendement et une garantie de matériel inconnus à ce jour.

(Louis Cabaud, E. C. L. 1920)
122, cours Charlemagne, Lyon

ETABLISSEMENTS GELAS & GAILLARD

68, cours Lafayette, Lyon

Cette firme a exposé au Groupe Chauffage une série complète des poêles Leau fabriqués par elle et dont la renommée n'est plus à faire. Elle présentait également des modèles de fourneaux mixtes gaz-charbon, électricité-charbon et fourneaux chauffage.

Au Palais de l'Alimentation, elle présentait les modèles des véritables « Frigidaire », ménagers ou commerciaux, dont elle est concessionnaire pour la région.

Pour tous renseignements, voir : 68, cours Lafayette, Lyon.

SOCIETE METALLURGIQUE DE MONTBARD-AULNOYE

Dépôt de Lyon : 141, rue Bataille
Tél. : Parmentier 72-50

Représentant : E. Croze,
110, chemin de Choulans
Tél. : Franklin 45-80

Les *Compresseurs Montbard* ont été très remarqués à la Foire de Lyon, en raison de leur construction robuste et soignée. Les références nombreuses que possède la Société constituent la meilleure des garanties pour les Entreprises de Travaux Publics qui font confiance à cette importante FIRME FRANÇAISE.

ETABLISSEMENTS C. BENETIERE

12, rue Fleurieu, Lyon

Les nouveautés en machines à flexibles et toutes les applications du flexible ont été passées en revue dans les stands de la Maison Bénetière.

Il est à rappeler que toutes les études en vue d'applications nouvelles peuvent être soumises au camarade Bénetière (E. C. L. 1914), qui les résoudra d'une façon pratique et intéressante.

Etablissements BOMBAIL, ZENONE & PIN

15, avenue Jean-Jaurès — LYON

Les nouveaux moteurs BELZON et RICHARDOT, 1/8 à 1 CV à 1.400 tours, monophasé et triphasé, très silencieux, ventilateurs, génératrices, commutatrices, groupes de charge.

COMPAGNIE FRANÇAISE DES METAUX

Usine de Lyon : 37-39, rue du Bachut

Cette Compagnie exposait dans ses stands un ensemble remarquable d'appareils de chauffage au mazout. Leur brûleur « Thermophore Automatique » soigné dans tous ses détails équipait une chaudière Field de 6 mq. dont le fonctionnement était rendu entièrement automatique par l'adjonction de l'alimentation d'eau réalisée automatiquement.

Le même type de brûleur était en outre présenté en fonctionnement sur une chaudière De Diétrich et sur un four de pâtisserie dénommé « Nova » de conception particulière.

Indépendamment de leur « Thermophore Automatique », cette firme présentait une chaudière « Mazal » employée couramment pour le chauffage des automotrices, et leur appareil « Thermophore » doven des appareils de chauffage au mazout pour fours de boulangerie.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LES FONDERIES FRANCO-BELGES
Nerville (Nord)
Dépôt : 42, quai Gailleton

Les appareils présentés ont eu un très grand succès. Cette firme, créatrice du modèle de cuisinière mixte, gaz et charbon, à un seul four, exposait un grand nombre d'appareils de chauffage.

Son appareil *Ladivégaz*, service de cuisine au gaz et au charbon, avec chauffage central et service eau chaude, est d'un encombrement très réduit.

ETABLISSEMENTS G. PONTILLE
Lyon-Marseille-Nice

Dans ce stand, nous avons remarqué une porte basculante brisée à équilibre intégral, diverses grilles roulantes d'un modèle nouveau, une fermeture à lames agrafées, des volets roulants bois, et un volet roulant en lames d'aluminium recommandé pour le littoral.

Tous ces systèmes de fermetures pouvant s'équiper avec commande mécanique, ou commande électrique à bouton.

TOUT LE CAOUTCHOUC INDUSTRIEL EN SOUPLE ET DURCI

CINQUANTE années de technique et de **PROGRÈS**

au service de

la **PROTECTION** contre la **CORROSION**

par **CAOUTCHOUTAGE** ou **EBONITAGE**

de **TOUS MÉTAUX**

P. LACOLLONGE

Société à Responsabilité limitée au Capital de 1.000.000 de francs

50-52, Cours de la République à VILLEURBANNE-LÈS-LYON

Tél. : Villeurbanne 83-68 — Tél. : Villeurbanne 83-68

Société affiliée : ***Manufacture P. LACOLLONGE-BELGIQUE S. A.***
146, rue des Anciens-Combattants à QUEN par BRUXELLES

Etablissements FORTIN & SAUNIER

FONDÉS EN 1828
Société Anonyme Capital 2.000.000
SUCCURSALE DE LYON : 93, rue Louis-Guérin
PAUL HYON, Directeur

Tous les abrasifs en grains et en poudre - Toiles et Papiers à polir - Meules Grès - Meules artificielles
Produits et Matériel de Polissage - Feutres Industriels

GALVANOPLASTIE - Tout le matériel d'Electrolyse, Groupes, Cuves, Tonneaux, installations de Nickelage, Chromage, Cadmiage, Cobaltage, Cuivrage, Laitonisage, Etamage, Zincage, etc.

TOUTE LA TECHNIQUE MODERNE DANS LA RÉALISATION PRATIQUE

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LES APPAREILS MÉNAGERS A LA FOIRE DE LYON

Après avoir obtenu, au récent Salon des Arts Ménagers, à Paris, un succès des plus flatteurs, la Société Paris-Rhône présentait cette année, à la Foire de Lyon, diverses nouveautés d'une réalisation technique impeccable et susceptibles de satisfaire à toutes les exigences.

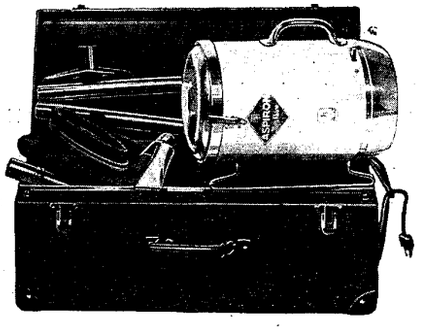
A côté des différents modèles d' « **Aspiron** », appareils éprouvés et unanimement appréciés pour leur robustesse, leur puissance et leur fonctionnement silencieux, nous remarquons un nouveau type, l'**Aspiron « Diamant »**, d'allure aérodynamique, de présentation luxueuse et livré avec de nombreux accessoires.

La « **Cireuse-Bijou** », complément indispensable de l'Aspiron, se présente comme un appareil très étudié, vraiment sérieux et efficace, et non, comme une simple polisseuse. Son manche de manœuvre étant démontable, il devient possible de la loger dans une mallette ! Il est bon, en outre, de signaler que son prix d'achat est excessivement réduit.

Son auxiliaire direct, le **pulvérisateur de cire Aspiron** s'adapte instantanément sur tous les modèles d'aspirateurs Aspiron. Il permet de pulvériser la cire sur les parquets, carrelages, meubles, boiseries, etc... et supprime l'antique manœuvre, salissante et fatigante, du « passage à la cire ». En quelques minutes, sans fatigue et économiquement, le parquet d'une pièce est recouvert de minuscules gouttelettes de cire. La cireuse fera le reste.

Autre nouveauté, le **dispositif de démitage Aspiron** qui, lui aussi s'adapte à tous les aspirateurs Aspiron.

Cireuse-Bijou



Aspiron Bijou 1936

On sait l'énormité des dégâts causés chaque année par les mites. Un fait est à noter à ce sujet : ce n'est pas lorsqu'on voit voler les mites que celles-ci sont dangereuses, mais ce sont leurs larves fraîchement écloses, qui causent tous les ravages. Aussi, faut-il prévenir leur éclosion.

C'est dans ce but qu'a été créé le « dispositif de démitage » Aspiron qui utilise le courant d'air tiède s'échappant de la soufflerie de l'aspirateur pour volatiliser un produit spécial en gros cristaux aussitôt transformé en gaz exterminant les mites, leurs larves et leurs œufs. Ce produit est absolument inoffensif pour les personnes et les animaux domestiques et son odeur n'est pas incommodante.

On le voit, l'activité de Paris-Rhône s'avère particulièrement féconde dans le domaine de l'outillage ménager. Et nous sommes heureux de signaler une fois de plus aux lecteurs de cette revue l'activité de ces établissements, essentiellement français, dont l'organisation industrielle est hors de pair.

Société de Paris et du Rhône, 11, quai Jules-Courmont et 83, chemin de Saint-Priest, Lyon.

Pour placer votre clientèle ou vos auditeurs dans une ambiance de bien-être, de réel confort,

faites

conditionner l'air

de vos

salles de réunion, de spectacle, restaurants cafés, bureaux, hôpitaux, cliniques.

par notre nouveau procédé. Demandez la collaboration de nos Ingénieurs spécialistes

SOCIÉTÉ LYONNAISE DE VENTILATION INDUSTRIELLE

Société Anonyme au Capital de 1.750.000 francs

Siège social, Bureaux et Ateliers :
61, rue Francis de Pressensé VILLEURBANNE (Rhône)
Tél. : VILLEURBANNE 84-64. — Adr. Télégr. : SOVENTIL-LYON

R. C. Lyon B 1664

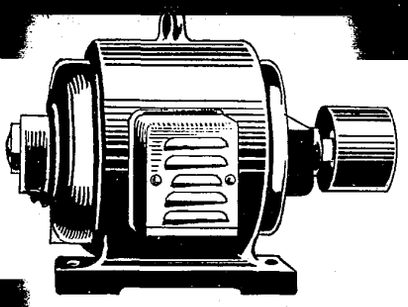
BUREAU : 43, rue Lafayette
ATELIER : rue Martre, CLICHY (Seine)
Tél. : TRUDAINE 37-49 — Adr. Télégr. : SOVENTIL-PARIS

une des plus anciennes maisons traitant les questions de

Ventilation - Humidification - Chauffage - Séchage - Dépoussiérage

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



ATELIER SPÉCIAL DE RÉPARATIONS
DE MOTEURS ÉLECTRIQUES

CENTRAL - ÉLECTRICITÉ

E. BAILLOUD & LEYSSIEUX

— S. A. R. L. Capital : 30 000 francs —

8, Rue Etienne-Richerand, LYON Tél. : Moncey 02-47

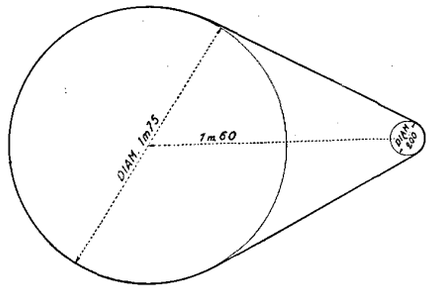
REBOBINAGE
DE MACHINES
ÉLECTRIQUES
HAUTE ET BASSE TENSION

FABRIQUE
DE COLLECTEURS
ET DE SECTION
EN CUIVRE MÉPLAT
SUR GABARIT

R. C. Lyon B 9.5[illegible]
Cpte Chèques Postaux LYON 395-9[illegible]

Notre atelier est spécialisé pour la réparation, le rebobinage à neuf et la remise en état de matériel Electrique industriel : moteurs, dynamos, transformateurs, Haute et Basse-Tension.

Les références que nous avons dans les usines d'Exploitation Electriques, de Produits Chimiques, de carrières ou de mines, de Véhicules Electriques, sont une garantie pour nos clients.



Distance des axes
inférieure au grand diamètre

Cette courroie actionne ***actuellement***
un compresseur frigorifique
aux Etablts **PEYZARET & GILIBERT**
1, Rue Dussaussoy - LYON

Cette installation fonctionnait avec
Enrouleur
sa suppression grâce à ***Lugdunum*** *a permis*

1° ***D'augmenter*** *le nombre de tours du compresseur de 171 à 171.*

2° ***De diminuer*** *la puissance absorbée à vide par la courroie de 9,785 kws à 9,09 kws.*

Cette économie de puissance ***se chiffre annuellement à 1336 fr. 20...***
...Or le prix d'achat de cette courroie est de ***463 fr. 20.***

Industriels, tirez les conclusions qui s'imposent

Etablts CHAVAND, 53, rue d'Anvers, LYON — Foire de Lyon : Stands 198 à 200 Groupe 3

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

MARS 1936. Numéro hors-série.

TECHNICA

REVUE TECHNIQUE MENSUELLE

Paraît du 15 au 20 de chaque mois.

LYON
RÉDACTION
ADMINISTRATION -- PUBLICITÉ
7, rue Grolée (2e arrt)
Téléphone : Franklin 48-05

ABONNEMENTS :
France..... 40 »
Etranger..... 70 »
PRIX DU NUMÉRO : 3 50
Compte courant postal : Lyon 19-95

TECHNICA est l'organe officiel de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole Centrale Lyonnaise (Ingénieurs E.C.L.), fondée en 1866 et reconnue d'utilité publique par décret du 3 Août 1911

AMPERE ET L'ELECTRICITE

NUMÉRO SPÉCIAL PUBLIÉ A L'OCCASION DU CENTENAIRE D'AMPÈRE ET DES JOURNÉES D'ÉTUDES DE L'ELECTRICITE

SOMMAIRE

La Foire de Lyon et le Centenaire d'Ampère 5

ANDRÉ-MARIE AMPÈRE — SA VIE — SON ŒUVRE

L'homme 14
Le Savant 22
Ampère et les origines de l'Electrotechnique 28
Les souvenirs d'Ampère à Poleymieux 31

QUELQUES ASPECTS DE L'INDUSTRIE ELECTRIQUE CENT ANS APRÈS AMPERE

Nos centrales thermiques modernes 36
L'industrie hydro-électrique française 47
Esquisse sur l'évolution du marché de l'énergie électrique 69
La traction électrique 72
Canalisations souterraines de transport d'énergie 83
Notes sur le développement de l'Industrie électrotechnique 95
La technique actuelle des interrupteurs à haute tension 99
L'électricité en chirurgie et en médecine 109
L'électricité au foyer domestique 113

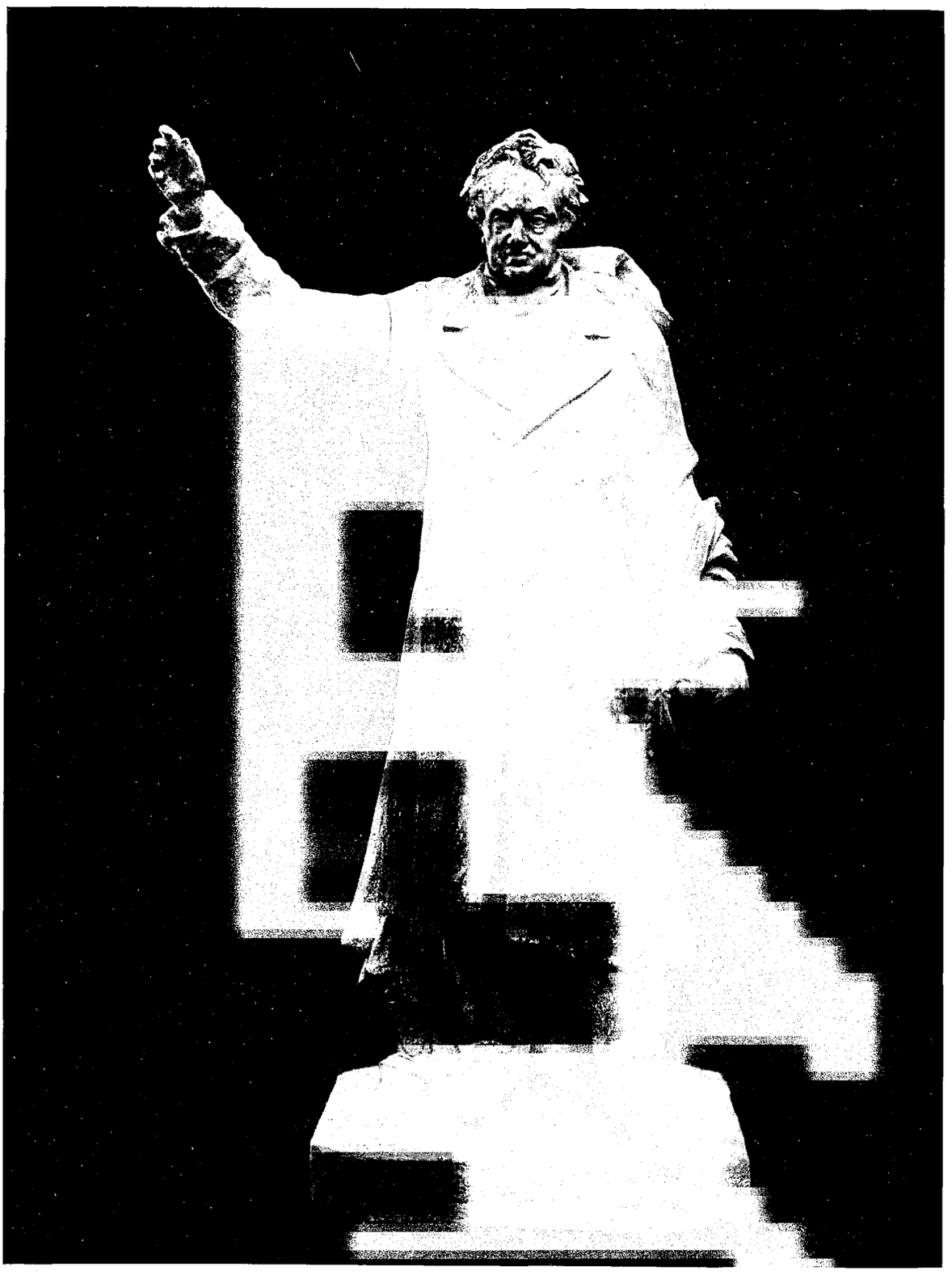
PREVISIONS

L'avenir de l'électricité 122

-- Tout budget de publicité technique doit comprendre TECHNICA --
la revue que lisent les techniciens du Sud-Est et de la région rhodanienne.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres



André-Marie AMPÈRE, par Charles Savoye.
Maquette présentée au Concours de 1880, ouvert pour l'érection à Lyon d'un monument au grand savant.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

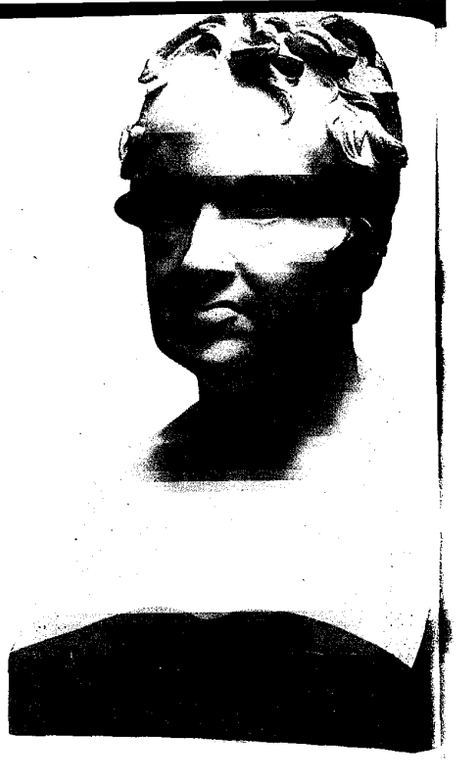
André-Marie AMPÈRE
Sa vie - Son œuvre

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

L'Homme

par M. **P. TOUZAIN,** Ingénieur E.C.L.



Buste d'Ampère - Marbre de Bonnassi

Au moment où Lyon se prépare à célébrer un de ses illustres enfants, il a paru à « Technica » indispensable de réserver, dans son numéro spécial, quelques pages consacrées à l'homme bon, tendre, honnête, que fut dans sa vie privée André-Marie Ampère.

La physionomie de ce grand homme ne serait en effet évoquée qu'incomplètement, si l'on se contentait de la laisser apparaître à travers son œuvre scientifique, et « Technica », revue d'ingénieurs, et comme telle se devant de traiter toutes questions du point de vue le plus général, a tenu à évoquer, en quelques touches rapides, Ampère dans l'intimité, surtout alors qu'il était jeune et qu'il vagabondait dans la campagne lyonnaise (1).

SON ENFANCE

On entend souvent dire qu'Ampère est né à Poleymieux. C'est une erreur : André-Marie Ampère est né à Lyon, le 20 janvier 1775 et de pure souche lyonnaise ; son père, Jean-Jacques Ampère, et sa mère, Jeanne Sarcey, appartenaient l'un et l'autre à des familles de négociants en soie et l'on retrouve ses aïeux Ampère à Lyon, au cours des siècles précédents.

Il fut élevé à Lyon jusqu'en 1782, date à laquelle son père, se retirant des affaires, s'installa à Poleymieux, ne conservant son domicile de Lyon que pour y passer deux ou trois mois chaque hiver.

SON EDUCATION

Parce que son père, sous l'influence de Rousseau, le voulut ainsi, André-Marie s'instruisit à peu près seul, interrogeant ce qui s'offrait à lui dans la nature et tout ce qui excitait sa curiosité ; car, dès son jeune âge, Ampère fut un « curieux » et c'est cette tournure d'esprit qui, plus tard, devait l'engager dans la voie des découvertes.

Ses dispositions pour les mathématiques s'étant révélées très tôt, son père en favorisa le développement en lui faisant donner quelques conseils par l'Inspecteur général des études du Collège de Lyon, l'abbé Daburon; celui-ci prêta au jeune Ampère quelques ouvrages et l'initia au calcul différentiel et à l'analyse mathématique; par ailleurs, un ami de l'abbé qui s'intéressait à la botanique, en enseigna les notions à l'enfant.

Ce furent là toutes les leçons qu'Ampère reçut de professeurs, et, cependant, dès l'âge de treize ans, il entreprenait d'écrire un traité des sections coniques; aidé d'une mémoire remarquable, il se constituait une solide instruction et l'on peut dire qu'à dix-huit ans, aucune connaissance humaine ne lui était étrangère.

***

LA REVOLUTION

Eclata la Révolution.

Ampère la salua avec enthousiasme, suivant en cela l'exemple de son père auquel il ne fallut pas moins, pour exprimer les sentiments qui bouillonnaient en lui à cette occasion, qu'écrire une tragédie.

Néanmoins, pendant deux années, la vie continua à Poleymieux, paisible et régulière : entre ses parents et ses deux sœurs (Antoinette son aînée de dix ans, Joséphine sa cadette de trois ans). Ampère, herborisait, intégrait, méditait...

C'est avec l'année 1792 que les malheurs vinrent s'abattre sur la famille.

MORT D'ANTOINETTE

Ce fut d'abord la mort d'Antoinette, la sœur aînée et tendrement aimée; la perte ainsi éprouvée par Ampère dut lui être particulièrement sensible, si l'on en juge par une élégie qu'il écrivit plus tard pour célébrer les beaux jours envolés.

---

(1) Loin de nous la prétention de faire œuvre littéraire ou de romancer la vie d'Ampère ; des pages excellentes ont déjà été écrites à ce point de vue, d'abord par Ampère lui-même (il suffit de se reporter à son journal et à sa correspondance, M^me^ Cheuvreux-Hetzel 1873 et 1875) ensuite par M. de Launay qui a mis en lumière des documents inédits, retrouvés récemment (Librairie académique Perrin, Paris 1925) ; notre prétention se borne, en découvrant un peu certains détails, à inciter ceux qui ne les connaissent pas encore, à rechercher la lecture de ces ouvrages.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

MORT DE SON PERE

Ce fut ensuite et surtout la mort tragique du père, guillotiné à Lyon le 23 novembre 1793.

Jean-Jacques Ampère, en effet, avait été nommé juge de paix à Lyon et, comme tel, avait fait incarcérer des Jacobins qui avaient soumis la ville au pillage.

Lorsque, à la suite de ces événements, les Jacobins de Paris eurent déclaré la ville de Lyon en état de révolte ouverte, ils envoyèrent des troupes pour la soumettre ; le siège dura deux mois, jusqu'à ce qu'une trahison, livrant la redoute de Sainte-Foy, permit aux Jacobins de faire de nuit leur entrée dans la ville (9 octobre 1793).

Jean-Jacques Ampère, qui avait détenu une part de l'autorité, fut aussitôt arrêté et, alors que la ville était condamnée à être détruite et supprimée de la République, il était condamné à mort et exécuté le 23 novembre 1793.

Il faut lire les lettres véritablement sublimes qu'il écrivit alors à sa famille; le souci du détail (indication de bouteilles à laver à la cave, du pain à régler au boulanger, d'un matelas à faire laver, de linge de corps à faire rendre après sa mort, etc...) y atteste d'un sang-froid et d'une sérénité étonnante dans de telles circonstances.

Et c'est dans la dernière de ces lettres que l'on relève cette phrase si souvent citée parce que véritablement prophétique : « Quant à mon fils, il n'y a rien que je n'attende de lui ! »

***

A la suite de cette mort tragique, André-Marie fut plongé dans un état de prostration complet au point qu'il devint même incapable de reconnaître les lieux familiers ; au bout d'une année cependant, son équilibre revint, et botanique, latin, grec, physique, chimie, poésie, projet de langue universelle même, l'occupèrent tout à tour plus que jamais.

C'est à cette époque de sa vie, qu'un soir de printemps, il rencontra, alors qu'elle cueillait des fleurs au bord d'un ruisseau, une belle jeune fille aux cheveux d'or (1).

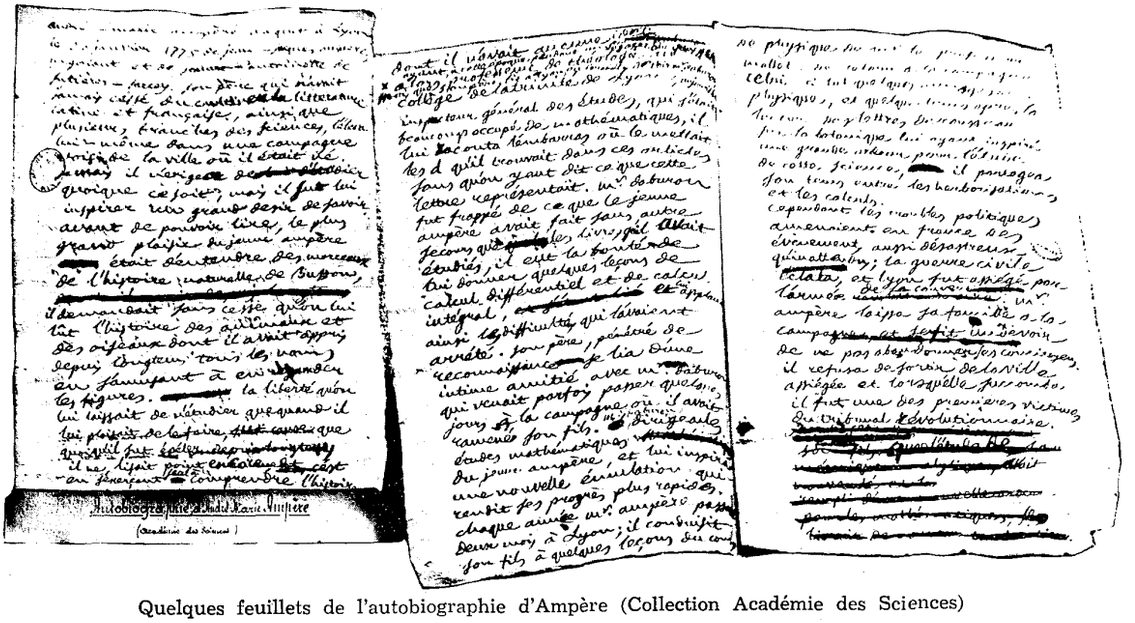
Julie CARRON

Sur les cinq années qui vont suivre, le journal d'Ampère nous fournit de précieuses indications, d'autant plus précieuses que l'on sent à travers ces brèves notes, jetées au jour le jour sur le papier, la sincérité et l'honnêteté qui caractérisèrent toujours Ampère.

Ce journal, dont il ne subsiste du titre déchiré que le mot « Amorum », débute à la date du dimanche 10 avril 1796 : « Je l'ai vue pour la première fois. » — Il se termine, le 13 juillet 1803, sur une prière écrite à l'heure de la mort de celle qui inspira à Ampère de profonds sentiments.

---

(1) Les cartons de l'Institut qui, depuis près d'un siècle, tenaient enfermés des papiers personnels d'Ampère, fouillés en 1921 par M. Paul Janet, à l'occasion du centenaire de la découverte des lois de l'induction, ont livré une boucle des cheveux de Julie ; et à ce suprême témoignage, on a pu reconnaître que les contemporains avaient pu, sans métaphore, parler de cheveux d'or.



Quelques feuillets de l'autobiographie d'Ampère (Collection Académie des Sciences)

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LA FAMILLE CARRON

Julie Carron appartenait à une famille lyonnaise qui résidait tour à tour à Lyon et à Saint-Germain-au-Mont-d'Or ; Mme Carron, qui était veuve depuis peu, vivait avec ses deux filles Elise et Julie ; de ses deux autres filles mariées, l'une, Mme Périsse, habitait Lyon.

Julie, âgée de 22 ans. était une jolie personne, gaie, spirituelle, pleine d'entrain.

Elle avait eu des succès à Lyon, avait été recherchée en vue d'un mariage par un jeune homme d'ailleurs très bien, et s'était suffisamment sentie sûre d'elle pour refuser.

Ampère, ébloui, troublé par un sentiment nouveau qui s'empare de lui, trouve des prétextes pour nouer des relations avec ces dames, auxquelles il va désormais rendre visite aussi fréquemment que possible (une sœur de Mme Ampère, qui habite Saint-Germain, rend plausibles ces déplacements) : de Poleymieux à Saint-Germain, ce n'est d'ailleurs qu'une promenade, et, par la belle saison, c'est charmant.

La meilleure formule trouvée par Ampère pour motiver de fréquentes et régulières visites semble avoir été celle qui consiste à se faire prêter des livres, en jetant son dévolu sur des ouvrages importants dont il faut rapporter et rechercher successivement tous les tomes.

Evidemment, Ampère, tel que nous le connaissons, dut tirer un complet profit de cette façon de procéder : il vit Julie et il lut les livres.

Il n'est pas jusqu'à sa distraction légendaire qui ne s'en mêle et ne le serve parfois, par exemple :

Lundi 31 octobre :

« J'avais rendu le septième volume de Sévigné ; j'oubliai le huitième et mon parapluie. »

Quelle belle occasion pour retourner chez Julie ! Ampère n'y manque point et note le surlendemain :

Mercredi 2 novembre :

« Je fus chercher mon parapluie. »

Il avait d'ailleurs assez rapidement fait connaître ses sentiments à Julie, mais avec quelle délicatesse et quelle pudeur le note-t-il :

Samedi 3 septembre :

« Je suis resté un instant seul avec elle. »

Samedi 17 septembre :

« ...Je commençai à ouvrir mon cœur. »

Lundi 19 septembre :

« J'achevai de m'expliquer — j'en rapportai de faibles espérances et la défense d'y revenir avant le retour de sa mère. »

Lundi 26 septembre :

« Je **la** trouvai dans le jardin, sans oser lui parler. »

Mardi 18 octobre :

« Je m'ouvris entièrement à la mère qui ne parut pas vouloir m'ôter toute espérance », etc..., etc...

AUDACE ET NAIVETE

Ampère est un amoureux tremblant, qui, en présence de Julie, n'a rien à dire, et qui pourtant a des audaces subites.

N'imagine-t-il pas, pendant que Julie fait un séjour à Lyon, chez Mme Périsse, d'aller la voir ? Aussi se fait-il tancer d'importance : « Je suis étonnée, Monsieur, de vous voir ici et maman ne vous cachera sûrement pas ce qu'elle en pense. »

Revenu de Lyon, il va s'excuser auprès de Mme Carron : « Je suis bien fâché à présent, car certainement j'ai contrarié Mlle Julie » ; et Mme Carron, pour arranger les choses : « Mais, Monsieur, en allant chez M. Périsse, vous ne pouviez pas prévoir que ma fille était à Lyon... »

Ampère l'interrompant : « Hélas, Madame, je le savais depuis la veille ; je vous ai bien dit que je le savais... »

Et Elise, qui a assisté à cette scène et en fait aussitôt la narration par lettre à Julie, ajoute :

« Je lui dis en riant : Ma sœur pensait probablement que votre séjour à Lyon serait plus long et c'était plutôt un avertissement qu'une réprimande, craignant que vos visites se renouvelassent et ne fissent jaser. Mais il faut prendre son parti et ne pas tant se fatiguer d'une chose faite.

« Note qu'il avait les yeux brillants, et que le menton lui tremblait comme à quelqu'un qui est prêt à pleurer...

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

André-Marie AMPERE
vu par un de ses élèves
du Lycée de Lyon

« Vous croyez donc, Mademoiselle, qu'on ne m'en voudra pas trop ? Oh ! que vous me faites plaisir ! Et vous, Madame, vous n'êtes pas si fâchée contre moi que je l'avais craint ?

« Maman lui dit qu'elle aurait préféré que cela ne fut pas, mais que son intention ayant été de lui faire plaisir en lui apportant des nouvelles, il faudrait qu'elle fût bien extraordinaire pour s'en fâcher... Il ne dit rien sur **l'intention...**

. . . . . .

« Il s'aperçut le premier qu'il commençait à être tard, ce qu'il oublie si facilement lorsque tu es ici. Il partit et me laissa toute émerveillée de son chapeau de toile cirée, de ses culottes à la mode et de sa petite tournure qui, je t'assure, changera encore. A peine fut-il loin, que Claudine (la servante) entra, levant les bras, en s'écriant qu'il était devenu muscadin et qu'elle ne le reconnaissait pas. »

A l'époque, Ampère qui « émerveillait » Elise par sa toute nouvelle élégance se présentait avec des cheveux et des sourcils blonds, des yeux gris, le nez gros et une grande taille.

Cette allusion à sa « tournure » indique que, tout au moins au début de ses relations avec les dames Carron, Ampère n'était pas sans avoir une allure plutôt fruste et l'étonnement de la servante est là pour nous le confirmer.

N'importe, Elise écrit à Julie : « Arrange-toi comme tu voudras, mais laisse-moi l'aimer un peu avant que tu l'aimes. Il est si bon. »

Julie revenue à Saint-Germain, Ampère s'empresse, tant et si bien qu'il se fait dire par Mme Carron « de ne plus venir si souvent ».

Mais, tout en comprenant ses fautes, il ne saura jamais les éviter, puisqu'à quelques jours de là il note qu'il se fit « maladroitement répéter qu'il fallait s'en aller » et que Julie ayant dit que Mme Sarcey venait, il resta « un moment encore plus maladroitement ».

Peu à peu, les relations se resserrent entre les deux familles, on se promène ensemble ; c'est au cours d'une promenade qu'Ampère remet à Julie ces vers qu'il a écrits pour elle :

AMPERE POETE

Que j'aime à m'égarer dans ces routes fleuries,
Où je t'ai vue errer sous un dais de lilas !
Que j'aime à répéter aux nymphes attendries,
Sur l'herbe où tu t'assis, les vers que tu chantas !

Au bord de ce ruisseau dont les ondes chéries
Ont à mes yeux séduits réfléchi tes appas,
Sur les débris des fleurs que tes mains ont cueillies,
Que j'aime à respirer l'air que tu respiras !

Ampère n'en était d'ailleurs pas à son coup d'essai et nombreuses sont les pièces de vers qu'il a écrites sur ce mode, très en faveur à l'époque.

Enfin, Julie, pour la première fois, vint chez lui ; écoutons-le :

LES CERISES

Lundi 3 juillet :

« Elles vinrent enfin nous voir à trois heures trois quarts. Nous fûmes dans l'allée, où je montai sur le grand cerisier, d'où je jetai des cerises à Julie; Elise, ma sœur, tout le monde vint ensuite. Je cédai ma place à François, qui nous baissa des branches où nous cueillions nous-mêmes, ce qui amusa beaucoup Julie.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

« Elle s'assit sur une planche, à terre, avec ma sœur et Elise, et je me mis sur l'herbe à côté d'elle. Je mangeai des cerises qui avaient été sur ses genoux.

« Nous fûmes tous les quatre au grand jardin, où elle accepta un lis de ma main ; nous allâmes ensuite voir le ruisseau ; je lui donnai la main pour sauter le petit mur et les deux mains pour le remonter ; je restai à côté d'elle au bord du ruisseau, loin d'Elise et de ma sœur ; nous les accompagnâmes le soir jusqu'au moulin à vent où je m'assis encore près d'elle, pour observer, nous quatre, le coucher du soleil, qui dorait ses habits d'une manière charmante ; elle emporta un second lis que je lui donnai en passant. »

⁂

AMPERE A LYON

Le journal continue sur ce mode charmant jusqu'à la fin de l'année 1797, où le principe du mariage étant enfin décidé, Ampère, sans fortune depuis la Révolution, va s'installer à Lyon pour s'y créer une situation : il sera professeur libre de mathématiques, en attendant d'obtenir un poste à l'Ecole Centrale (le futur lycée) qui vient d'être créé.

Pendant les dix-huit mois qui précédèrent son mariage, il partagea son temps entre Lyon et Saint-Germain-au-Mont-d'Or, où il se rendait au moins chaque samedi.

A Saint-Germain, il continuait son idylle, à Lyon, il nouait des amitiés fidèles, surtout avec les philosophes Ballanche et Bredin, dont le dernier resta son grand ami toute sa vie.

A partir de cette époque, Ampère dut dire adieu à certains de ses passe-temps favoris pour se consacrer de plus en plus à la science vers laquelle tout naturellement le poussaient le développement de son enseignement, le milieu dans lequel il vivait, etc...

⁂

MARIAGE D'AMPERE

Enfin, le mariage si attendu eut lieu à Lyon en août 1799 et le jeune ménage s'établit 6, rue du Bât-d'Argent.

La première année fut, sans conteste, la période la plus heureuse de la vie d'Ampère ; une naissance devait bientôt venir resserrer encore les liens qui l'unissaient à Julie : le 12 août 1800 naissait en effet son fils Jean-Jacques, ce fils qui devait être plus tard son orgueil et qui, tout petit, inspirait à sa maman Julie ces tendres paroles : « C'est lui qui ramène autour de nous la gaieté ; ses petites grâces, son petit langage enveloppent le passé, l'avenir et le présent lui-même dans un voile de couleur rose qui nous éblouit aussi longtemps que ses gentillesses durent... »

JEAN-JACQUES

Nous voyons à cette époque un Ampère joyeux, primesautier même et une Julie tendre, mais plus grave, comme si elle avait déjà le pressentiment de sa fin prochaine.

La différence entre les âges des deux époux n'était que de deux ans, Julie étant l'aînée, mais à ne juger que sur les caractères, elle nous apparaît plus importante.

Par exemple, Ampère, de Lyon, écrit à Julie qui est à la campagne :

« Mes expériences ont paru réussir complètement, mais j'ai eu recours à un peu de supercherie qui, du reste, n'a rien gâté.

« J'éprouve tous les jours davantage qu'il n'y a que pour toi que je me soucie de vivre. Hier, faisant des préparations avec de l'acide sulfurique, il me semblait que je n'aurais point eu de répugnance à en boire un verre, si ce n'était que ma Julie est à moi et le petit qu'elle m'a donné. »

Et voici un extrait d'une lettre de Julie :

« Demain, j'arriverai par la diligence... Je te prie, mon bon ami, si tu me dis bonjour en m'embrassant devant tout le monde, n'aie pas ton air ordinaire à me sentir dans tes bras. Je t'en prie, réserve cela pour quand nous serons seuls et je t'en saurai bien bon gré... »

Malheureusement, le bonheur d'Ampère ne dura pas, car la naissance de Jean-Jacques fut à l'origine de la grave maladie qui devait emporter Julie peu d'années après, et, au surplus, la situation pécuniaire du jeune ménage n'était guère brillante ; aussi, voyons-nous, au début de 1802, Ampère accepter un poste à l'école centrale de Bourg pour y enseigner la physique et la chimie, et obligé de s'installer seul dans cette ville où il eût été imprudent de mener loin de toute famille une femme malade et un enfant de dix-huit mois.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

AMPERE A BOURG

Ampère, aussitôt arrivé, se préoccupe de son organisation matérielle.

Que cette organisation inquiète Julie !

« Je te recommande, écrit-elle, de ne rien prendre sur toi pour les machines de physique. Est-ce que tu donneras ou prêteras ton globe à la nation ? Dans quelles conditions l'inventaire du cabinet s'est-il fait ? De quoi répondras-tu ? Te donnera-t-on un aide ? Penses-tu bientôt à commencer ton cours ? Auras-tu des élèves de mathématiques ? Fais-tu bon feu ? Ta chambre est-elle bien saine ? As-tu des chaises ? Ces murs gris doivent être encore plus froids que les autres ? Pourquoi as-tu changé ? Dis-moi tout cela. »

Ampère commença bientôt ses cours et, d'emblée, conquit son auditoire par son discours d'ouverture dans lequel il fit un tableau de la physique et de la chimie à l'époque et esquissa une véritable classification des sciences.

Dans les loisirs que lui laissèrent ses cours et ses répétitions, il se mit à travailler avec ardeur les mathématiques et la chimie, faisant des expériences avec le concours de quelques élèves ; et, à ce propos, on ne peut s'empêcher de sourire à la lecture d'une lettre où Ampère raconte qu'ayant été demander pour son cabinet une subvention de cent francs au préfet, celui-ci, pince-sans-rire, lui a répondu qu'il en parlerait d'abord à sa femme.

Ce qui a caractérisé le séjour d'Ampère à Bourg, c'est la rédaction de son mémoire sur la théorie mathématique du jeu.

Ce mémoire, sur lequel Ampère fondait, et à bon droit, de grandes espérances, fut un véritable ouvrage de Pénélope : combien de fois, sur le point de l'adresser à Lyon à l'imprimeur (le beau-frère Périsse), Ampère le recommença-t-il partiellement ou totalement ?

Enfin, le mémoire dûment imprimé fut présenté à l'Institut le 12 janvier 1803 ; il attira aussitôt l'attention sur son auteur et fut certainement déterminant dans le choix qui, peu après, fut fait d'Ampère pour la chaire de Mathématiques et d'Astronomie au Lycée de Lyon.

Le 17 avril 1803, Ampère, heureux, revenait s'installer à Lyon, mais pour y trouver, hélas, sa femme au plus mal.

MORT DE JULIE

Julie, malgré tous les soins qui lui furent prodigués, devait, en effet, expirer le 13 juillet 1803, et le journal d'Ampère se termine ainsi :

13 — mercredi — à neuf heures du matin (suivent plusieurs gros traits tracés par une plume écrasée sur le papier) :

« Multa flagella peccatoris ; sperantem autem in Domino misericordia « circumdabit. Dominus. Firmabo super te oculos meos et instruam te in viâ « quâ gradieris. Fidelis. — Amen. »

***

AMPERE A PARIS

Resté seul, désemparé, Ampère ne professa qu'un an au Lycée de Lyon.

Il désira partir à Paris, pour y faire n'importe quoi ; ouvrir une pension ou se lancer dans le commerce des produits chimiques, mais heureusement, après avoir présenté un nouveau mémoire à l'Institut, il fut nommé répétiteur à l'Ecole Polytechnique.

Nous ne le suivrons pas dans les détails de sa carrière, dont les étapes principales furent :

Inspecteur général de l'Université (1808) ;

Professeur d'analyse mathématique et de mécanique à l'Ecole Polytechnique (1809) ;

Membre de l'Institut (1814) ;

Professeur de philosophie à la Faculté des Lettres de Paris (1819) ;

Professeur de physique générale expérimentale, au Collège de France (1824).

***

SECOND MARIAGE

Au milieu de ses travaux, de la publication de ses mémoires, de ses communications à l'Institut, Ampère aspirait à retrouver son bonheur disparu ; il crut, mais se trompa, trouver une seconde Julie, et épousa à Paris, en 1806, une demoiselle Potot qui, insignifiante d'abord, se révéla ensuite d'une telle humeur qu'Ampère, bien à contre-cœur, dut se séparer d'elle en emmenant la petite fille Albine, qu'elle lui avait donnée, et s'installa avec sa sœur et sa mère, qu'il avait fait venir à Paris.

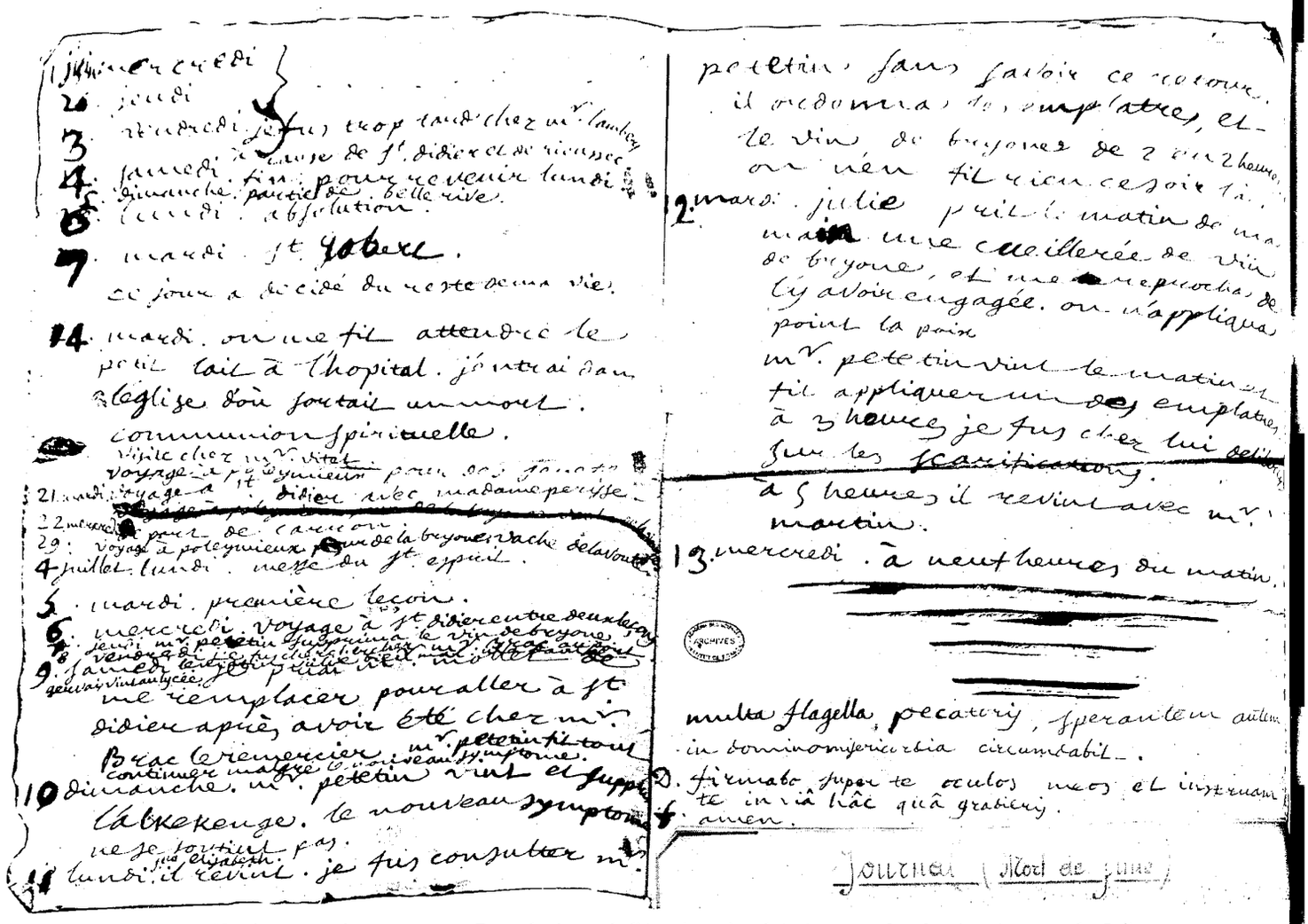
SON FILS

Alors, l'affection d'Ampère se tourna surtout vers son fils, dont il surveilla avec attendrissement le développement et les premiers essais, ce fils élégant et mondain qui devait fournir une carrière brillante dans les lettres.

Ce fut d'ailleurs Jean-Jacques qui le premier rendit, pour le public, célèbre

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



Un document émouvant — Page du journal d'Ampère où celui-ci retrace les derniers instants de Julie

le nom d'Ampère, à une époque où le recul du temps et les progrès de l'électrotechnique n'étaient pas encore suffisants pour mettre à même ce public d'apprécier la valeur intrinsèque et surtout les conséquences d'A.-M. Ampère.

Lorsque Jean-Jacques fut nommé professeur au Collège de France, les contemporains nous ont rapporté le spectacle touchant que constituait A.-M. Ampère, son propre cours terminé, venant, parmi les auditeurs, assister à celui de son fils.

Ampère eut pour ce fils des trésors de tendresse et de dévouement, dont, à une certaine époque, il ne fut pas exactement payé de retour, mais dont, pour être juste, il faut cependant reconnaître la piété filiale dans les dernières années.

***

SES QUALITES MORALES

A l'époque de sa maturité, Ampère nous apparaît comme un homme bon, droit, honnête, dont les mérites sont reconnus de beaucoup, mais qui n'en suscite pas moins de nombreuses jalousies.

Nous le verrons ainsi, par exemple, inspecteur général de l'Université sans posséder aucun titre universitaire, mais obligé de se démettre de son poste, dont le ministre a besoin pour quelque protégé (il fut d'ailleurs réintégré plus tard dans ces fonctions).

Nous le verrons aussi, professeur à l'Ecole Polytechnique, contraint de se retirer parce qu'on veut l'obliger à rédiger entièrement par écrit son cours, pour que ses élèves puissent le suivre commodément, alors que son intelligence si vive n'a jamais pu se régler sur les lents mouvements de la plume.

Malgré cela, sa simplicité, sa bonhomie, ne s'altéraient jamais, pas même lorsque l'une de ses idées était reprise et exploitée par un autre, qui n'hésitait pas, au surplus, à s'attribuer l'antériorité de la découverte.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

SA FOI

Autre trait de sa physionomie : Ampère, surtout dans la deuxième partie de son existence eut une foi catholique intense et, au moment de la mort de sa femme, ses sentiments religieux l'aidèrent à supporter sa douleur avec résignation.

Avec son ami Bredin, il aima toute sa vie discuter religion et il affirma sa foi comme la conclusion d'un raisonnement complet et sincère.

⁂

SA MEMOIRE ET SES DISTRACTIONS

Doué d'une mémoire remarquable, Ampère pouvait soutenir une discussion pendant des heures et, ses intelocuteurs épuisés, continuer seul imperturbablement.

La tradition a amené jusqu'à nous des récits plus ou moins fantaisistes des distractions d'Ampère.

Peu lui importait, pourvu que la vérité triomphât et qu'il mit d'accord ses intuitions et les conclusions de ses raisonnements.

Ses élèves pouvaient bien rire de certaines de ses innocentes manies, ils ne l'en saluaient pas moins avec un respect qui n'était pas feint.

⁂

DECOUVERTE DES LOIS DE L'INDUCTION

Nous avons déjà noté la curiosité d'Ampère enfant.

Cette curiosité n'avait point cessé avec l'âge, et toute nouveauté la piquait toujours ; une conséquence très caractéristique en fut l'éclosion de la découverte qui a immortalisé le nom d'Ampère.

Membre de l'Institut dans la section de géométrie, depuis 1814, Ampère s'était fait confier, en 1819, une chaire de philosophie à la Faculté des Lettres de Paris.

Il était donc connu plutôt comme mathématicien et philosophe que comme physicien et à cette époque c'était surtout à la philosophie qu'il s'intéressait.

Or, Arago, ayant rendu compte devant l'Académie des Sciences des expériences d'Oerstedt, et les ayant répétées le 11 septembre 1820, Ampère saisit immédiatement l'importance des phénomènes dont il venait d'être témoin et par une intuition géniale annonça à l'Académie, huit jours après, que les hélices galvaniques se conduiraient comme des aimants et, quinze jours après, que deux courants électriques s'attireraient ou se repousseraient.

Ces affirmations, qui contenaient toutes les idées modernes sur l'électrodynamique, furent ensuite confirmées par l'expérience.

Avoir affirmé et prouvé l'identité du magnétisme et de l'électricité en partant d'une expérience en apparence peu importante et sans conséquence, caractérise le génie incomparable d'Ampère et tout commentaire serait superflu.

⁂

MORT D'AMPERE

Tel était l'homme qui, en 1836, mettant la dernière main à sa classification des sciences, déjà souvent remaniée, dut s'arrêter à Marseille, au cours d'une tournée d'inspection, et s'aliter.

Une pneumonie se déclara et, après 24 heures de délire, il expira le 11 juin 1836, à l'âge de 61 ans.

Inhumés d'abord à Marseille, ses restes furent, en 1869, transportés à Paris, où ils reposent à côté de ceux de son fils bien-aimé, sous la même dalle.

⁂

Si, sur le moment, la mort d'Ampère ne produisit pas un retentissement considérable, si le public ne réalisa pas que disparaissait ainsi une intelligence comparable à celle de Newton, la postérité a heureusement compris : et, ayant donné son nom à l'unité d'intensité, elle rend à Ampère un hommage continuel.

Et nous redisons, comme il y a cent ans ceux qui le connurent et l'aimèrent : « Il fut aussi bon, aussi simple que grand ! »

Pierre TOUZAIN (1921).

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

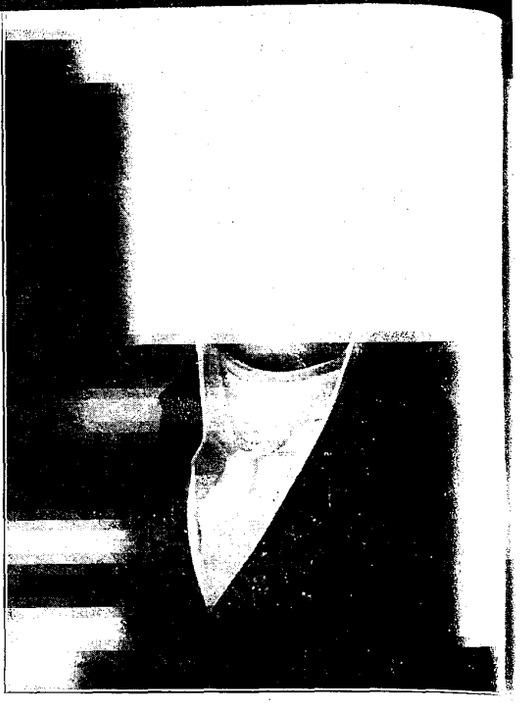
Le Savant

par M. **RIGOLLOT Henri**
Directeur Honoraire de l'Ecole Centrale Lyonnaise

1836-1936. Un siècle déjà s'est écoulé depuis la mort d'André-Marie Ampère et pour commémorer ce centenaire, on ne saurait trop insister sur les immenses progrès réalisés par la science électrique, grâce au génie d'un homme qui a illustré sa ville natale et la France entière; le nom d'André-Marie Ampère grandira d'âge en âge à mesure que les générations comprendront mieux la beauté et la fécondité de son œuvre.

La revue « Technica », organe d'une Association d'ingénieurs, ne saurait oublier à cette occasion que, si les théoriciens réclament Ampère comme un des leurs, les techniciens ne peuvent rester indifférents à cet anniversaire, eux qui, poursuivant les applications des grandes découvertes d'Ampère, ont contribué à renouveler la face du monde.

Notre revue tient, en rappelant brièvement la vie et l'œuvre d'Ampère, à s'associer aux manifestations qui, à propos du centenaire de sa mort, rendent hommage à l'homme illustre et au savant universel.



Portrait d'Ampère à 25 ans

SES ASCENDANTS

Le 22 Janvier 1775, naissait à Lyon André Ampère et était baptisé en l'Eglise Saint-Nizier, le prénom de Marie a été ajouté au moment de sa confirmation.

A cette époque, la famille d'André Ampère habitait Lyon pendant la plus grande partie de l'année et ne se transportait dans sa propriété de Poleymieux, acquise en 1771, que pendant l'été. Ce n'est qu'en 1782 que Jean-Jacques Ampère, retiré complètement des affaires, fixa sa résidence habituelle dans son domaine campagnard. André Ampère avait alors 7 ans.

Dans une étude publiée par Félix Desvernay, on suit l'ascendance de l'illustre Lyonnais jusqu'au début du XVII[e] siècle. Son trisaïeul, Claude Ampère, était tailleur de pierres et ne savait pas écrire. Son arrière grand-père, Jean-Joseph, devint un habile architecte auquel on doit une restauration partielle de l'Hôtel de Ville de Simon Maupin. François, son aïeul, fabricant d'étoffes de soie, fut bourgeois de Lyon, et enfin son père, Jean-Jacques, continuait dans le négoce la tradition de François, avait une charge de Conseiller du Roi et à la Révolution devint Juge de Paix dans le canton de la Halle au Blé.

On voit que peu à peu, par son travail, chaque nouvelle génération s'élève au point de vue social, et au moment de la naissance d'André Ampère, sa famille tient un certain rang dans la Cité.

AMPÈRE AUTODIDACTE

En 1782, Jean-Jacques Ampère installe définitivement sa famille à Poleymieux, et c'est dans ce milieu si champêtre, si calme, que va se dérouler la première enfance, puis l'adolescence d'André. Il ne faut pas oublier qu'à cette époque, la renommée de Jean-Jacques Rousseau était à son apogée, le livre d' « EMILE » ou de l' « EDUCATION » avait paru en 1762, et il semble bien avoir influencé Jean-Jacques Ampère dans la direction donnée à l'éducation de son fils. « Point d'autre livre que le monde, point d'autre instruction que les faits », écrit Rousseau dans son « EMILE ». La première partie de ces recommandations n'a heureusement pas été suivie à la lettre, car André-Marie a beaucoup lu.

Dans une lettre datée du 25 vendémiaire, an II, du cachot n° 5 de la prison de Roanne, Jean-Jacques Ampère, cinq semaines avant son exécution, fait à sa femme Antoinette Desuttière-Sarcey, des recommandations très précises au sujet de la petite fortune qu'il lui laissait et ajoute: « ma plus grande dépense a été l'achat des livres et instruments de géométrie dont notre fils ne pouvait se passer pour son instruction, mais cette dépense même était une sage économie puisqu'il n'a jamais eu d'autres maîtres que soi-même ».

Ainsi l'enfant a été laissé en pleine liberté; les premières notions de lecture, d'écriture, de calcul, lui ont été données par sa famille, mais tout ce qu'il a acquis dans la suite, il ne le doit qu'à lui-même. Je retiendrai de ce fait que jamais Ampère n'a fréquenté une école, ni suivi un cours, c'est dans toute l'acception du mot un autodidacte, c'est un homme exceptionnel, ainsi s'explique la grande puissance intellectuelle et la grande originalité d'Ampère; mais, comme le fait remarquer Monsieur Janet, qui a feuilleté et collectionné les manuscrits d'Ampère conservés à l'Institut, cela explique aussi ses imperfections, son inaptitude à comprendre la vie de société, ce qui souvent lui causa de pires déboires, sa maladresse, sa gaucherie et ses distractions légendaires sur lesquelles Arago a peut-être un peu insisté et un peu trop appelé l'attention de la postérité sur quelques absences de mémoire pardonnables à tout penseur qui, à un moment donné, poursuit une idée.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

PREMIERES ETUDES

Il est certain que quelques années de voisinage et de frottement avec de petits camarades de son âge auraient sans doute modifié son caractère. Il existe dans les archives de l'Institut, parmi les nombreux autographes d'Ampère, une sorte d'autobiographie dont les huit premières pages sont entièrement de sa main.

Ces quelques pages font comprendre l'évolution qui, peu à peu, s'est faite dans l'esprit de l'enfant. Monsieur Janet en a déposé une reproduction photographique au Musée de Poleymieux, et voici ce qu'écrit Ampère sur ses premières études dans la maison paternelle. Ampère s'exprime à la troisième personne :

« Avant de pouvoir lire, le plus grand plaisir du jeune Ampère était d'entendre la lecture des morceaux de l'histoire naturelle de Buffon. Il demandait sans cesse qu'on lui lût l'histoire des animaux et des oiseaux dont il avait, depuis longtemps, appris les noms en s'amusant à en regarder les figures. La liberté qu'on lui laissait de n'étudier que quand il lui plairait de le faire, fût cause que, quoiqu'il sût épeler depuis longtemps, il ne lisait point encore, et c'est en s'exerçant seul, à comprendre l'histoire des animaux, qu'il apprit à lire couramment. Bientôt, la lecture des livres d'histoire et des pièçes de théâtre qu'il trouvait dans la bibliothèque de son père l'attacha autant que celle de Buffon. Il se passionnait pour les Athéniens et les Carthaginois et prenait en haine les Lacédémoniens et les Romains quand il les voyait subjuguer et détruire les peuples qu'il affectionnait. Il prenait un singulier plaisir à apprendre des scènes entières des tragédies de Racine et de Voltaire et à les réciter en se promenant seul. Les sentiments que ces lectures développaient en lui, s'exaltaient parce qu'il entendait raconter les événements de la guerre que l'Angleterre et la France faisaient alors au sujet de l'indépendance des Etats-Unis. »

Cette dernière indication nous donne l'époque à laquelle se rapportent ces souvenirs, Ampère avait alors huit à neuf ans.

Vous jugez, par ce passage de l'autobiographie en question, combien les lectures du jeune Ampère étaient variées; on voit qu'il puisait au hasard dans la bibliothèque paternelle, et meublait son esprit de connaissances assez hétéroclites. Ensuite, c'est à la grande Encyclopédie de d'Alembert et de Diderot en 20 volumes, qu'il s'attaque, non seulement il la parcourt, mais il l'étudie, ce qui montre la grande avidité de s'instruire, et oriente à cette époque ses études vers les mathématiques.

A l'âge de 13 ans, il adressait à l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon, un mémoire sur la « Quadrature du Cercle ». Le procès-verbal de la séance de l'Académie du 8 Juillet 1788 relate le dépôt de ce mémoire et note que l'Académie ayant décidé antérieurement de ne plus admettre de mémpires sur ce sujet, arrête, qu'exceptionnellement, étant donnée la jeunesse de l'Auteur, le secrétaire, Monsieur l'Abbé Roux, examinera « privatine », le travail du jeune mathématicien.

Cette lecture de l'Encyclopédie l'oriente de plus en plus vers l'étude des mathématiques, il veut se reporter aux travaux originaux dont il vient de lire des extraits, mais les travaux d'Euler et de Bernouilli sont écrits en latin, langue scientifique universelle de cette époque il n'est nullement arrêté par cette difficulté, il se met à l'étude du latin, s'assimilie rapidement cette langue et peut lire dans le texte les travaux des mathématiciens.

C'est ainsi que se poursuit sa jeunesse partagée entre l'étude, la promenade, les joies familiales. Ampère se laisse vivre et ses jours s'écoulent dans le calme et la tranquillité; il suit pourtant les événements politiques et applaudit à la prise de la Bastille, croyant voir poindre l'aurore du bonheur universel.

SON MARIAGE

LA MORT DE JULIE

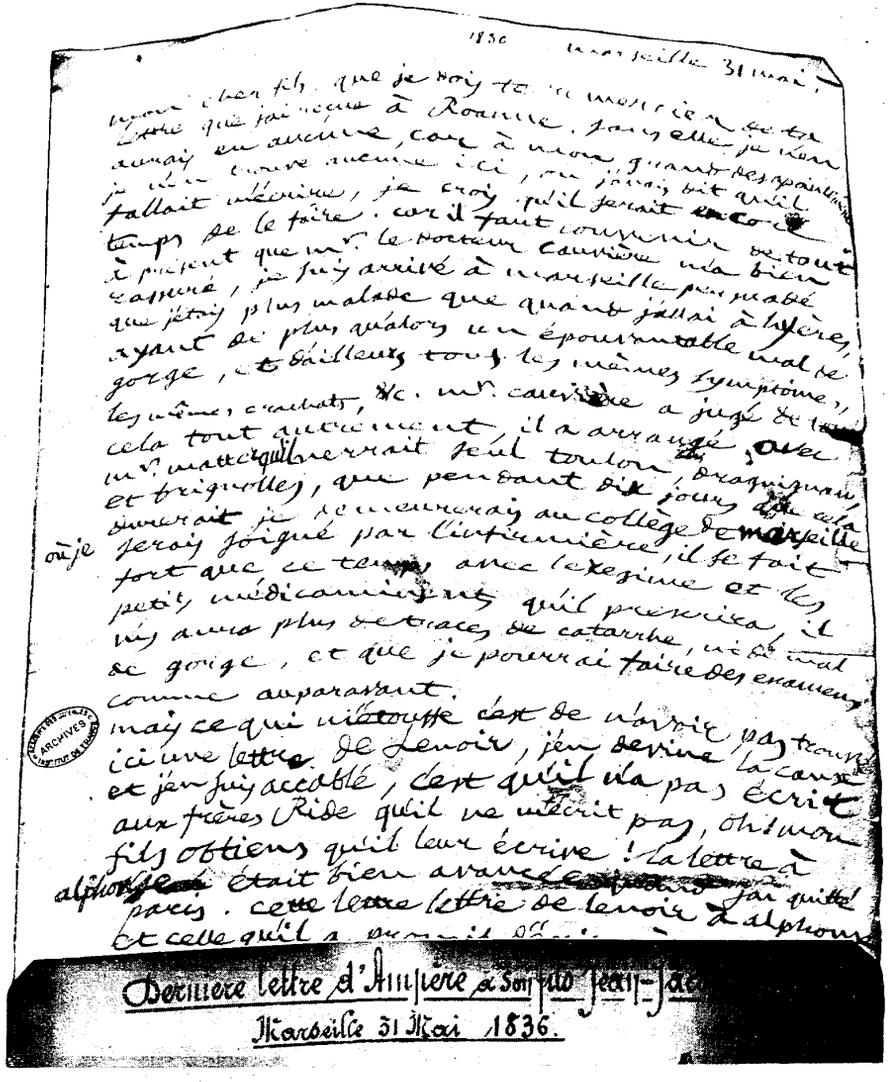
Mais brusquement tout s'écroule autour de lui: le siège et la prise de Lyon par les armées de la République, l'arrestation, le jugement et l'exécution de son père, place des Terreaux, le 4 frimaire, an II. Ce père pressentait l'avenir de son fils, car la veille de son exécution il terminait sa lettre d'adieu à sa femme en écrivant : « Quant à mon fils, il n'y a rien que je n'attende de lui ».

A la suite, paraît-il, de la lecture de la lettre de Jean-Jacques Rousseau sur la botanique, il herborisa, s'intéressa aux plantes, puis ouvrit à nouveau ses auteurs latins, Horace en particulier, et la douce philosophie de certaines odes ramène peu à peu le calme dans son esprit. Il a 19 ans et reprend goût à la vie. C'est l'année où il rencontre Julie Caron, dont la famille habitait Saint-Germain-au-Mont-d'Or, et que s'ébauche cette charmante idylle qui, trois ans plus tard, le 6 Août 1799, se termina par son mariage.

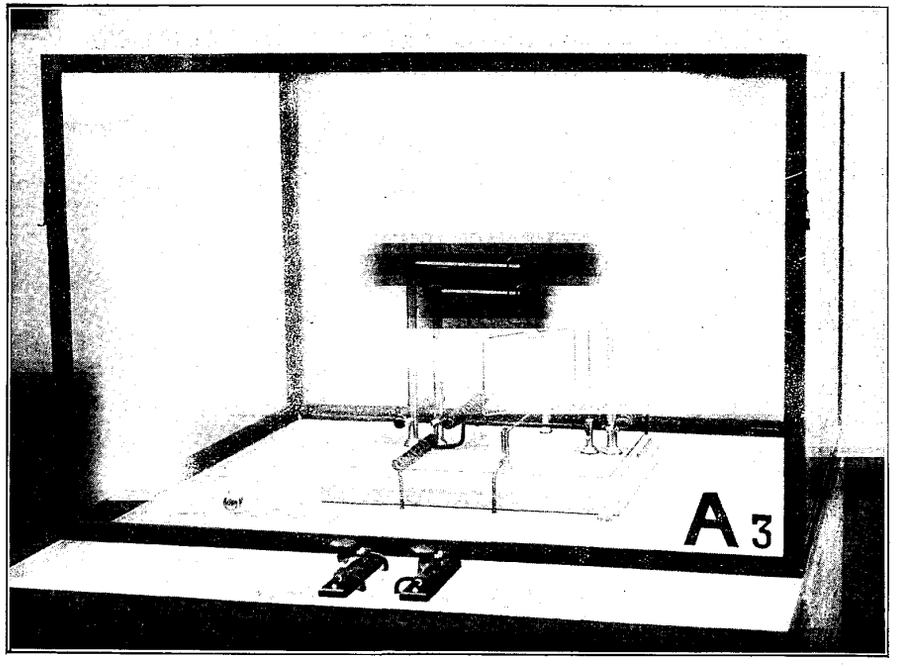
Voilà donc Ampère marié à 24 ans, obligé de travailler pour subvenir aux besoins de son ménage. Il s'installe rue Mercière et donne des leçons de mathématiques, de physique et de chimie, tout en poursuivant ses travaux mathématiques. En 1800, naît Jean-Jacques Ampère, qui laissera un nom dans la littérature. Constatant les difficultés financières dans lesquelles il se débat journellement, Ampère demande et obtient, en 1801, d'être nommé professeur à l'Ecole Centrale de Bourg, dans l'Ain — c'est le nom que portaient alors les établissements d'enseignement secondaire. Mais c'est la séparation. Julie, malade depuis la naissance de Jean-Jacques, ne peut le suivre dans sa nouvelle résidence. Alors s'établit entre les deux époux cette correspondance si touchante dont une partie a été

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

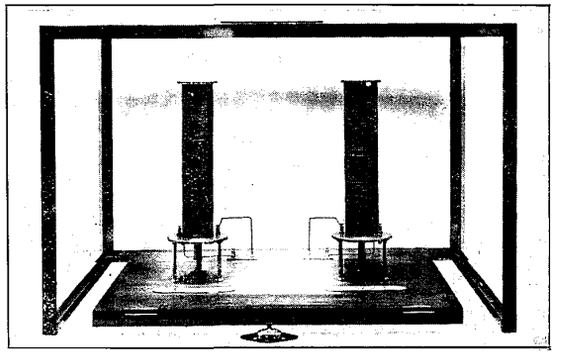
Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



Dernière lettre d'Ampère à son fils Jacques
écrite à Marseille, quelques jours avant sa mort, le 31 mai 1836



Appareil servant à démontrer la loi d'Ampère



L'électro-aimant

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

publiée. Les relations entre Lyon et Bourg n'étaient pas rapides, c'était un véritable voyage qui demandait un jour en diligence, ce n'était donc qu'au moment des vacances que la famille se trouvait réunie.

Aussi Ampère fit des démarches nombreuses pour être nommé au Lycée de Lyon, qui avait pris son appellation actuelle et, grâce à l'astronome Delambre, il y était nommé en 1803, chargé d'enseigner les mathématiques et l'astronomie.

Voilà donc la famille définitivement réunie, mais, malheureusement, la santé de Julie décline rapidement et, le 13 Juillet 1803, elle s'éteint dans les bras de son mari.

Le coup fut terrible pour Ampère, grâce à ses sentiments religieux qui ont toujours été très ardents et profondément catholiques, il supporte la douleur avec une résignation toute chrétienne, mais il n'a plus qu'une idée, quitter Lyon et grâce encore à la recommandation de Delambre, qui avait pressenti le génie d'Ampère, il était nommé en 1804 répétiteur d'analyse à l'Ecole Polytechnique.

SA CARRIERE UNIVERSITAIRE

Suivons-le d'abord dans sa carrière universitaire avant de passer en revue les magnifiques travaux qui devaient illustrer son nom.

En 1808, il est nommé inspecteur général de l'Université, ce qui, tous les ans, l'oblige à de longs déplacements; en 1809, Professeur d'Analyse à l'Ecole Polytechnique; en 1824, Membre de l'Institut (Académie des Sciences), et de 1824 à 1836, c'est-à-dire jusqu'à sa mort, Professeur de Physique au Collège de France.

Ce fut au cours d'une tournée d'inspection qu'Ampère, âgé de 61 ans, tomba malade à Roanne; il voulut continuer sa tournée et, arrivé à Marseille, il dut s'aliter et mourut le 10 juin 1836.

Par cette rapide énumération, on peut juger du labeur incessant, écrasant même, auquel n'a pu échapper Ampère, et l'on ne saurait trop admirer l'effort qu'il a dû faire pour mener à bien les nombreux travaux qui ont permis à l'industrie électrique un développement tel, que les conditions matérielles de l'existence ont été complètement changées.

En 1839, Arago, faisant allusion aux occupations universitaires d'Ampère, écrivait :

« Un si misérable emploi des plus hautes facultés intellectuelles n'aura de défenseur nulle part, mais dira-t-on, où est le remède ? Le remède n'est pas difficle à trouver : je voudrais que notre colossal budget (nous sommes en 1839) n'oubliât pas que la France est avide de tous les genres de gloire, je voudrais qu'il assurât une existence indépendante au petit nombre d'hommes dont la production, dont les découvertes, dont les ouvrages commandent l'admiration et sont les traits caractéristiques des siècles, je voudrais que ces puissances intellectuelles, dès qu'elles seront manifestées, le pays les couvrît de sa protection tutélaire, qu'il présidât à leur libre, à leur entier développement, qu'il ne souffrît pas qu'on les usât sur des questions vulgaires.

« Tout le monde reconnaîtra que, sous le régime libéral dont je viens de tracer l'esquisse, Ampère eût été un savant sur lequel la munificence du pays se fût épanché la première. Libre alors de tous soins, de toute inquiétude, débarrassé d'une multitude d'occupations assujettissantes, de détails mesquins, de servitudes minutieuses, notre ami aurait poursuivi avec ardeur, avec persévérance, les mille idées ingénieuses qui journellement traversaient sa vaste tête. »

Ces lignes, datant de près d'un siècle, semblent écrites en 1936. Il est à craindre qu'au prochain centenaire de notre compatriote, la question soulevée par Arago soit toujours pendante.

Voilà donc les grandes lignes de la vie d'André-Marie Ampère, partagée, depuis 1803 jusqu'à sa mort entre ses fonctions de Professeur, d'Inspecteur général, etc... Voyons maintenant les travaux que, malgré le peu de temps dont il disposait, il a su mener à bonne fin et qui l'ont placé au premier rang des savants du monde entier.

AMPÈRE MATHÉMATICIEN ET ATOMISTE

Comme je l'ai indiqué, les premiers travaux d'Ampère ont porté sur les mathématiques, mais, suivant la remarque de Monsieur Appell, Membre de l'Institut, Ampère a toujours considéré les mathématiques comme un instrument : il a toujours poursuivi l'utilisation des mathématiques en vue de ses recherches physiques. Il va de soi que le mot utilisation est entendu ici d'une façon très élevée : il signifie qu'Ampère n'a jamais songé aux développements mathématiques pour eux-mêmes ; il s'est toujours attaqué à des problèmes qui étaient posés par les recherches physiques, dont la solution existait certainement, mais ne pouvait être obtenue avec précision que par les méthodes mathématiques.

Le premier mémoire qu'il mit au point étant professeur à Bourg, est un « Essai sur la théorie mathématique du jeu »; c'est ce travail qui le fit remarquer par l'astronome Delambre et qui fut le point de départ véritable de sa carrière scientifique.

Puis viennent de nombreux mémoires sur l'application de l'analyse mathématique à diverses questions de mécanique, et enfin son mémoire d'une importance capitale intitulé : « Théorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques uniquement déduite de l'expérience », mémoire datant de 1826.

Une remarque de Gay-Lussac, en 1809, constatant que les combinaisons des substances gazeuses les unes avec les autres se font toujours dans les rapports de volumes les plus simples, tels que

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

1 à 2, 1 à 3, oriente les recherches d'Ampère du côté des lois chimiques. L'étude des travaux de Bernoulli l'avait convaincu de l'existence des molécules et des atomes, et la conclusion des travaux d'Ampère était la possibilité de déterminer le poids atomique de chaque élément. Ampère ne publia son travail qu'en 1814, sur la demande expresse de Berthollet ; or, dès 1811, un chimiste italien, Avogadro, était arrivé à des conclusions analogues et avait donné la loi qui maintenant avec justice, porte son nom. Si Ampère n'avait pas retardé sa publication dans le désir de toujours compléter ses recherches, et surtout distrait de ses travaux par ses fonctions officielles, il aurait devancé le chimiste italien et actuellement la loi porterait son nom.

Mais l'œuvre fondamentale qui a immortalisé son nom, c'est l'électro-dynamique et l'électro-magnétisme.

DECOUVERTE DE L'ELECTRO-AIMANT

En 1819, Œrsted découvrit l'action du courant électrique sur l'aiguille aimantée. Arago ayant vu à Genève cette expérience reproduite par de la Rive, en fit la démonstration à l'Académie des Sciences, le 11 Septembre 1820. Les lois données par Œrsted pour rendre compte du phénomène suivant la position relative du conducteur et de l'aimant étaient des plus complexes. Ampère apporte son « observateur », toutes les lois se résument en une seule énoncée en quelques mots, la clarté du phénomène apparaît.

Il indique immédiatement la possibilité de soustraire l'aiguille aimantée à l'action du champ terrestre pour ne laisser agir que le courant, crée ainsi les systèmes astatiques et par là fait connaître la possibilité de construire le galvanomètre actuel et tous ses dérivés : voltmètre, ampèremètre, wattmètre, etc...

Le 18 Septembre de la même année, Ampère annonce à l'Académie des Sciences l'existence de l'action mutuelle des courants et crée ainsi l'électro-dynamique et montre la possibilité d'assimiler l'aimant à un solénoïde, et est amené à concevoir dans l'aimant les courants particulaires et leurs actions réciproques.

Remplaçons le terme général de ce « courant particulaire » par l'expression « orbite d'électrons », et nous sommes bien près des idées actuelles sur la constitution de la matière.

Comme corollaire des expériences d'Œrsted, Arago essaya l'action d'un fil conducteur sur la limaille de fer et constata que les particules de limaille étaient attirées; remplaçant la limaille par des particules d'acier, il constata une aimantation permanente. Ampère aussitôt eut l'idée d'entourer un barreau d'acier des spires d'un fil conducteur isolé, plié en hélice, et aimanta ainsi le barreau d'une façon permanente; remplaçant le barreau d'acier par un barreau de fer, il constatait une aimantation temporaire : l'électro-aimant était créé et par conséquent tous les appareils dérivant de l'électro-aimant, découverte d'une immense portée.

LE PREMIER TÉLÉGRAPHE ELECTRIQUE

Très peu de temps après la découverte par Œrsted de la propriété qu'a le courant de dévier l'aiguille aimantée, Ampère indiqua la possibilité d'établir des communications à distance au moyen des courants électriques agissant sur des aiguilles aimantées.

« On pourrait, écrit-il, en 1820, au moyen d'autant de fils quil y a de lettes et en plaçant chaque lettre sur une aiguille différente, établir à l'aide d'une pile placée loin de ces aiguilles et qu'on ferait communiquer alternativement par ses extrémités avec celle de chaque conducteur, former une sorte de télégraphe propre à écrire tous les détails qu'on voudrait transmettre à la personne chargée d'observer les lettres placées sur les aiguilles. Et, établissant sur la pile un clavier dont les touches porteraient les mêmes lettres et établiraient la communication par leur abaissement, ce moyen de correspondance pourrait avoir lieu avec assez de facilité et n'exigerait que le temps nécessaire pour toucher d'un côté et lire de l'autre chaque lettre. »

Là encore, Ampère fut un précurseur et c'est bien à lui que l'on doit attribuer le mérite du premier projet de télégraphe fondé sur les phénomènes électro-magnétiques.

RECHERCHES SUR L'INDUCTION

Restait à produire à bon compte et d'une manière pratique ces courants qui avaient fait le sujet des études d'Ampère; ce n'est qu'en 1831 que Faraday, par la découverte des courants induits, a permis à l'électricité; de prendre une place prépondérante dans toute installation industrielle.

Eh bien! en 1821, 10 ans avant Faraday, Ampère avait eu l'intuition générale de ces courants, les mettait en évidence, et c'est par une mauvaise interprétation, par suite d'une idée préconçue, d'une expérience bien faite, qu'Ampère n'a pu ajouter à sa gloire déjà si grande celle de la création industrielle de l'énergie électrique.

Voici comment l'expérience à laquelle je fais allusion est décrite par de la Rive, dans les annales de Chimie de 1824 :

« M. Ampère s'est occupé de développer du magnétisme dans le cuivre, ce savant, pendant son séjour à Genève, a fait conjointement avec Monsieur Auguste de la Rive, des expériences sur l'influence qu'éprouve une lame de cuivre placée en cercle de la part d'une ceinture de forts courants électriques au milieu desquelles elle est suspendue et qui l'entourent sans la toucher. L'action de cette influence, suivant M. Ampère, était telle qu'en présentant à un côté de cette lame un aimant en fer à cheval très fort, on l'a vue tantôt s'avancer entre les branches de l'aimant, tantôt au contraire être repoussée suivant le sens du courant dans les conducteurs environnants.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

« Il résulterait de cette expérience, vu l'action semblable exercée par les deux pôles de l'aimant en fer à cheval sur une même portion de circuit, que l'influence du courant électrique aurait développé dans la lame un autre courant électrique, tel qu'on en observe dans un fil métallique qui communique avec les deux pôles d'une pile voltaïque, mais M. Ampère s'est assuré depuis qu'il n'en était pas ainsi. »

Cette citation un peu longue met bien en évidence cette nouvelle découverte d'Ampère, mais ce qui lui fait conclure « qu'il n'en était pas ainsi », c'est que l'effet de l'aimant sur la couronne de cuivre ne persistait pas, tandis que l'action d'un aimant sur un courant persiste tant que le courant circule.

Il n'aurait pu obtenir l'effet permanent qu'il cherchait que grâce aux froids intenses que l'on sait produire aujourd'hui.

Quand, en 1831, Faraday eut fait connaître sa découverte, Ampère comprit le phénomène observé lors de son expérience et en donna lui-même l'explication.

Ceci n'enlève évidemment rien au mérite de Faraday, mais permet de voir qu'il s'en est fallu de très peu qu'Ampère devançât son illustre confrère dans la découverte des courants induits.

En 1881, le Congrès International des Electriciens consacre la gloire d'Ampère en donnant son nom à l'unité de courant électrique.

LE PHILOSOPHE

J'ai présenté très sommairement Ampère mathématicien, chimiste, physicien. Il reste à signaler Ampère comme philosophe et préoccupé du bien-être de l'humanité.

Philosophe, il a laissé un monument malheureusement inachevé, auquel il a travaillé de longues années, puisqu'il dit quelque part : « C'est en 1803 que je commençais à m'occuper presque exclusivement de recherches sur les phénomènes aussi variés qu'intéressants, que l'intelligence humaine offre à l'observateur qui sait se soustraire à l'influence des habitudes ». Il nous reste cependant de ce travail patient et continu une classification des sciences en deux volumes qui constitue à elle seule un édifice majestueux.

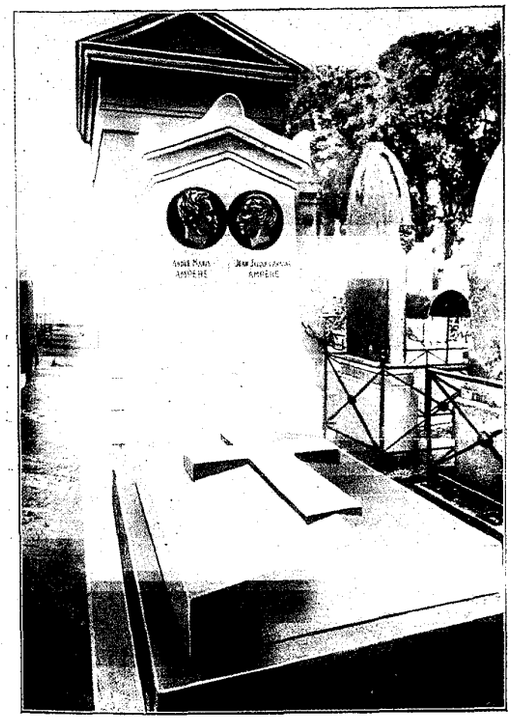
Quant au point de vue social, il écrivait à un de ses amis :

« On ne doit pas craindre le développement de l'industrie et les inventions des machines successives, de procédés pour abréger le travail, etc..., à mesure que le travail d'un même nombre d'hommes produit davantage, les produits diminuent de prix et l'usage s'en élève de classe en classe, il faut encourager ce progrès jusqu'à ce que le dernier agriculteur ait de bons aliments, de bons vêtements, des habitations salubres, souhaitons que ces idées se développent et se multiplient. »

L'ŒUVRE D'AMPÈRE

Comme on peut en juger, l'œuvre d'Ampère est considérable et je n'en ai fait qu'une ébauche imparfaite. L'humanité a envers lui une dette énorme de reconnaissance pour les bénéfices qu'elle retire des applications de l'électricité.

L'homme a toujours été un timide, un modeste; il écrivait de Bourg à sa femme, lors de son début dans le professorat : « J'ai donné ma première leçon, je crois m'en être assez bien tiré, espérant faire mieux dans l'avenir, car j'étais au commencement tremblant et embarrassé ». Dans les affaires de la vie, dans ses relations avec le monde, l'autorité de l'homme supérieur disparaissait, mais quand, quittant ses préoccupations, le savant, possédé par la science, s'élevait bien vite au delà des contingences extérieures, il affirmait alors toute son autorité, énonçant des lois auxquelles les savants du monde entier étaient obligés d'adhérer.



Tombe d'André-Marie Ampère
et de son fils Jacques
au cimetière Montmartre, à Paris

Voici d'ailleurs le jugement de Maxwell, cet autre illustre physicien, sur l'œuvre d'Ampère :

L'étude expérimentale par laquelle Ampère a établi les lois de l'action mécanique qui s'exerce entre les courants électriques constitue un des plus brillants exploits de la science.

« Il semble que cet ensemble de théories et d'expériences ait jailli dans toute sa puissance avec toutes ses armes, du cerveau du Newton de l'électricité. La forme en est parfaite, la rigueur inattaquable et le tout se résume en une formule d'où peuvent se déduire tous les phénomènes et qui devra toujours rester la formule fondamentale de l'électro-dynamique ».

Cette appréciation d'un savant étranger sur l'œuvre d'Ampère est le plus bel éloge qu'on puisse faire de lui.

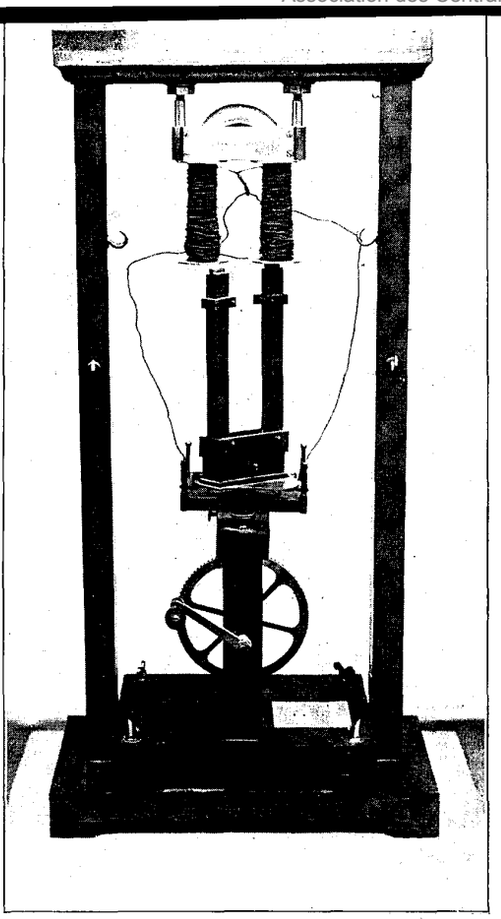
RIGOLLOT Henri.
Professeur honoraire à la Faculté des Sciences,
Directeur honoraire de l'Ecole Centrale Lyonnaise.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Ampère et les origines de l'Électrotechnique

par M. **J. BETHENOD**, Ingénieur E. C. L.
Président de la Société française des Electriciens



Machine de Pixii
Machine à induction
construite en 1833
sur les indications
d'Ampère

L'œuvre admirable de notre grand Ampère, qui s'est étendue sur tant de domaines de la pensée, a été l'objet de commentaires très savants de la part de diverses sommités scientifiques et industrielles, notamment à l'occasion de la séance solennelle tenue le 24 novembre 1921, au grand amphithéâtre de la Sorbonne. Plus récemment, le 2 juin 1928, lors de la prise de possession par notre Société de la maison de Poleymieux, une magistrale conférence de M. Paul JANET, membre de l'Institut, nous a fait connaître certaines circonstances fort émouvantes de la vie d'André-Marie Ampère, et nous a permis de mieux apprécier encore toute l'importance de ses travaux.

On concevra donc quel a été mon embarras, malgré une bonne volonté certaine, lorsque, à l'occasion des récentes Journées Ampère, il s'est agi d'apporter ma contribution, au nom des Electriciens Français, à un hommage déjà rendu par d'éminents devanciers.

Chargé, en 1923, de l'organisation de la section rétrospective de l'Exposition de Physique et de T. S. F., j'ai pu alors examiner de près la fameuse table, qui fut construite par Ampère pour ses expériences sur l'électrodynamisme, table qui figurait au musée du Palais de la Foire, à l'occasion des fêtes du Centenaire d'Ampère, grâce à un prêt consenti par le Collège de France. A mon avis, et indépendamment de l'importance des découvertes dont elle a été l'instrument, cette table doit attirer l'admiration des électriciens de notre époque par l'ingéniosité des dispositions et la simplicité des moyens qui ont permis la mise en évidence de phénomènes dont la perception était rendue fort difficile par la faiblesse des forces entrant en jeu.

C'est peut-être apporter un fleuron de plus à la gloire du grand Ampère que de prétendre qu'il eût été, en d'autres temps, un technicien de mérite exceptionnel.

Dès 1820, c'est-à-dire très peu de temps après la découverte d'Œrsted, Ampère propose un télégraphe électrique basé sur l'application de cette découverte; c'est bien là une invention au sens le plus commun du terme.

A la séance de l'Académie des Sciences du 25 septembre de la même année, Arago annonce l'action d'un conducteur sur la limaille de fer, ayant **découvert** ainsi l'aimantation du fer par les courants. Aussitôt, Ampère suggère que l'aimantation sera plus intense avec un fil plié en hélice, au centre de laquelle on placera l'aiguille à aimanter. L'expérience tentée immédiatement, est couronnée de succès ; Ampère est incontestablement l'**inventeur** de l'électro-aimant.

A la même époque, indépendamment de sa bascule, première réalisation d'un commutateur-inverseur, réalisation sur laquelle j'aurai l'occasion de revenir plus loin, il imagine l'équipage **astatique** (le mot est de lui) permettant de soustraire l'aiguille aimantée à l'action de la terre ; il fait ressortir l'utilité d'un **galvanomètre** (encore un mot de lui) pour mesurer l'intensité d'un courant etc., etc...

D'un autre côté, encore à l'occasion de l'Exposition de Physique et de T. S. F., le Collège de France m'avait confié la machine de Pixii qui constitue, sans conteste possible, la première génératrice

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

électromagnétique permettant la production **mécanique** d'un courant. L'histoire de cette machine, qui est, en fait, le véritable ancêtre de nos alternateurs et de nos dynamos, m'a paru intéressante à rappeler aujourd'hui comme un second hommage à la mémoire de l'illustre savant lyonnais. En effet, s'il a manqué de bien peu la découverte de l'induction effectuée, on le sait, en 1831, par le physicien anglais Faraday, et exposée dans un mémoire où le nom d'Ampère apparaît à chaque paragraphe, Ampère s'intéressa vivement à la réalisation de la machine en question, dont le premier exemplaire date de 1832. Dans le Bottin de cette année-là, on trouve à la rubrique « Fabricants d'instruments d'optique » l'indication suivante : « Pixii (Hippolyte), ingénieur breveté, constructeur de l'Ecole Polytechnique, de la Faculté des Sciences et des collèges royaux, 2, rue du Jardinet ».

La rue en question part de la cour de Rohan, dans le vieux quartier de la Faculté de Médecine; malheureusement, elle a partiellement disparu, et la maison de Pixii devait se trouver sur l'emplacement occupé actuellement par le croisement du boulevard Saint-Germain et du boulevard Saint-Michel.

Pixii était en fait le neveu et successeur de Dumotiez, qui avait **vendu** à Ampère la grande pile dont celui-ci se servit dans ses premières expériences sur les actions mutuelles des courants. Il demeura le constructeur attitré du génial physicien, et on a pu voir dans la collection des documents exposés au Palais de la Foire, une des factures de Pixii réglée par son illustre client avec un soin naïf des plus touchants.

La première trace certaine de réalisation de la machine dont un exemplaire a aujourd'hui sa place au musée de Poleymieux, se trouve probablement dans une communication faite par Hachette le 3 septembre 1832.

Mais il n'agissait là que d'un appareil de petites dimensions, muni d'un aimant de 2 kilogs, dont l'enroulement induit était relié par une de ses extrémités à une masse de mercure contenue dans un flacon, l'autre extrémité étant maintenue à proximité de la surface de cette masse.

Comme l'explique Hachette dans sa communication, on comptait sur les **vibrations** dues à la transmission à engrenages pour agiter le liquide conducteur, et produire ainsi à sa surface une série d'étincelles plus ou moins régulières, démontrant en tout cas de façon indiscutable la production d'un courant électrique. Sous cette forme primitive, la machine de Pixii ne constituait guère qu'une curiosité scientifique.

Le 29 octobre 1832, Ampère entre en scène et, dans une note à l'Académie des Sciences, indique le progrès technique considérable accompli en quelques semaines. Je ne peux mieux faire que de reproduire ici cette note, d'ailleurs très courte, où **pour la première fois,** non seulement se trouve expliquée clairement la nature du courant produit par la machine de Pixii, **courant alternatif** suivant Ampère, mais où celui-ci indique également le moyen d'obtenir un courant redressé capable de décomposer l'eau.

Voici la note en question :

M. Hachette a fait part à l'Académie des expériences faites avec un appareil construit par M. Pixii, pour produire un courant électrique en faisant tourner un aimant en fer à cheval en présence d'un autre fer à cheval en fer doux, autour duquel est ployé en hélice un fil conducteur revêtu de soie ; après avoir obtenu de vives étincelles avec un appareil, dont l'aimant portait 30 livres, et dont le fil faisait 500 tours, on a, au moyen d'un autre dont l'aimant porte plus de 100 kilogrammes, et dont le fil a une longueur de 1.000 mètres et fait 4.000 tours, obtenu :

1° De vives étincelles ;

2° Des commotions assez fortes ;

3° Lorsque l'on plonge les mains dans des vases pleins d'eau acidulée où se rendent les deux extrémités du fil conducteur, l'engourdissement et des mouvements involontaires dans les doigts ;

4° Un grand écartement des feuilles d'or adaptées au condensateur de « Volta » ;

5° Une décomposition assez rapide d'eau, mélangée d'un peu d'acide sulfurique pour en augmenter la conductibilité.

Dans ces diverses expériences, le courant avait lieu dans le fil conducteur dans un sens différent à chaque demi-tour de l'aimant en sorte que, dans le cas de la décomposition de l'eau, l'oxygène se dégageant d'abord dans une des cloches, et l'hydrogène dans l'autre, au demi-tour suivant, c'était au contraire l'hydrogène qui se dégageait dans la première, et l'oxygène dans la deuxième.

On n'avait ainsi dans chaque cloche qu'un mélange des deux gaz ; pour les obtenir séparément, M. Hippolyte Pixii eut l'heureuse idée d'appliquer à cet appareil la bascule que M. Ampère a imaginée pour changer le courant dans ses expériences électro-dynamiques.

La bascule adaptée au nouvel appareil porte une tige sur laquelle appuie un demi-cercle attaché à l'aimant, et qui tient la bascule abaissée d'un côté pendant une demi-révolution de l'aimant, tandis que pendant la demi-révolution suivante la bascule devient libre et est abaissée de l'autre côté par un ressort.

Dans le premier essai de cette disposition la bascule plongeait alternativement dans des rigoles pleines de mercure, comme dans les bascules de M. Ampère ; mais, quand le mouvement devenait rapide, le mercure était si fortement agité, qu'il sautait hors des rigoles.

M. Hippolyte Pixii a prévenu cet inconvénient en remplaçant le mercure par de petites lames de cuivre amalgamées sur leur surface pour rendre plus intime leur contact avec les points des bascules qui les frappent alternativement. Au moyen de cette ingénieuse disposition, le courant électrique dans la partie du fil conducteur qui est au delà de la bascule, a lieu toujours dans le même sens, d'où il suit qu'il ne dégage que de l'oxygène dans une des cloches et de l'hydrogène dans l'autre, et qu'on obtient ainsi les deux gaz séparés.

Il est à remarquer que toutes les autres circonstances restant les mêmes, la décomposition de l'eau devient plus rapide dans ce cas que dans celui où le courant électrique est alternatif ; ce qui tient probablement à ce que les molécules d'eau se trouvent d'avance disposées comme elles doivent l'être pour la décomposition, tandis que, quand le courant est alternatif, il faut qu'elles se retournent à chaque demi-tour de l'aimant.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Quant aux autres phénomènes, tels qu'étincelles, commotions, action sur l'électroscope à feuilles d'or, il n'y a pas de différence sensible, soit qu'on se serve du courant qui a toujours lieu dans le même sens, ou du courant alternatif, parce que tous ces phénomènes résultent de l'action instantanée de l'électricité développée dans le fil conducteur, action qui suffit pour charger le condensateur de l'électromètre, autant que le permet la tension du courant.

Ainsi, ce fut grâce à la bascule d'Ampère, adaptée et perfectionnée par Pixii, que put être réalisée la première génératrice électromagnétique capable de produire un courant comparable dans tous ses effets à celui qu'on avait obtenu uniquement, jusqu'alors, au moyen de piles.

Je n'insisterai pas ici sur les conséquences, d'ailleurs évidentes, de cette première réalisation. En 1832, étant donné l'état de l'industrie, elle était quelque peu prématurée, et la prise d'un brevet n'eut certes pas enrichi les inventeurs. Je rappellerai seulement qu'il fallut attendre une trentaine d'années pour qu'on songeât à en perfectionner la technique en vue d'une application de l'arc voltaïque comme source de lumière pour les phares. Puis, c'est la fameuse Exposition Internationale d'Electricité organisée en 1881 ; l'industrie électrique est créée et nous pouvons, à chaque instant de notre existence, en apprécier les bienfaits de plus en plus étendus.

J. BETHENOD (E.C.L. 1901),
Lauréat de l'Académie des Sciences,
Président de la Société Française des Electriciens.

Annexe

M. Hachette (1) a informé l'Académie (Séance du 3 septembre 1832), qu'un appareil donnant une suite continue d'étincelles électriques au moyen d'un aimant mobile, venait d'être construit par les Fils de M. Pixii, ingénieur en instruments de physique.

Cet appareil est composé de deux fers à cheval de même ouverture, l'un d'acier aimanté, l'autre en fer doux. Ils sont situés bout à bout dans un plan vertical, passant par l'axe de figure qui leur est commun ; les bouts opposés, quoique très rapprochés, ne se touchent pas.

Les sections transversales sont pour l'aimant un rectangle, et pour le fer doux un cercle dont le diamètre pourrait égaler la largeur du rectangle.

Un fil de cuivre entouré de soie fait plusieurs révolutions sur les deux branches du fer doux ; il y est retenu par quatre rondelles en cuivre, dont deux affleurent les bouts circulaires de ces branches. Les extrémités du fil de cuivre sont dirigées vers une capsule ou flacon de verre contenant du mercure, et fixées à une petite distance de la surface de ce métal à l'état de repos.

L'aimant en fer à cheval, dont la courbure est en bas, tourne sur son axe de figure qui est vertical et à chaque demi-révolution, ses deux bouts polaires *nord* et *sud* sont en conjonction avec ceux du fer doux, qui sont fixes, et sur lesquels l'aimant agit par influence à la petite distance qui les sépare. La même influence momentanée se communique au fil enroulé et produit aux extrémités de ce fil une suite d'étincelles électriques qu'on aperçoit à la surface du mercure.

Si l'un des bouts du fil de cuivre enroulé sur le fer doux plonge dans le mercure, l'étincelle sera plus vive à l'extrémité non plongée, et deux étincelles successives seront dues à des électricités contraires, ainsi qu'il est démontré dans le très beau mémoire de M. Faraday, publié dans le cahier de ces Annales (Mai 1832). Le fer doux et le fil de cuivre enveloppé de soie qui l'entoure étant dans une position fixe, on fait tourner l'aimant au moyen d'une manivelle et d'une roue d'angle, qui engrène un pignon horizontal monté sur l'axe de rotation du fer à cheval aimanté, lequel axe est au-dessous de la courbure de ce fer à cheval. Cette nouvelle construction est fondée sur le fait bien connu qu'un aimant agit à distance sur du fer doux, qui devient lui-même aimanté, et conserve son aimantation tant que ce fer doux est dans la sphère d'action de l'aimant.

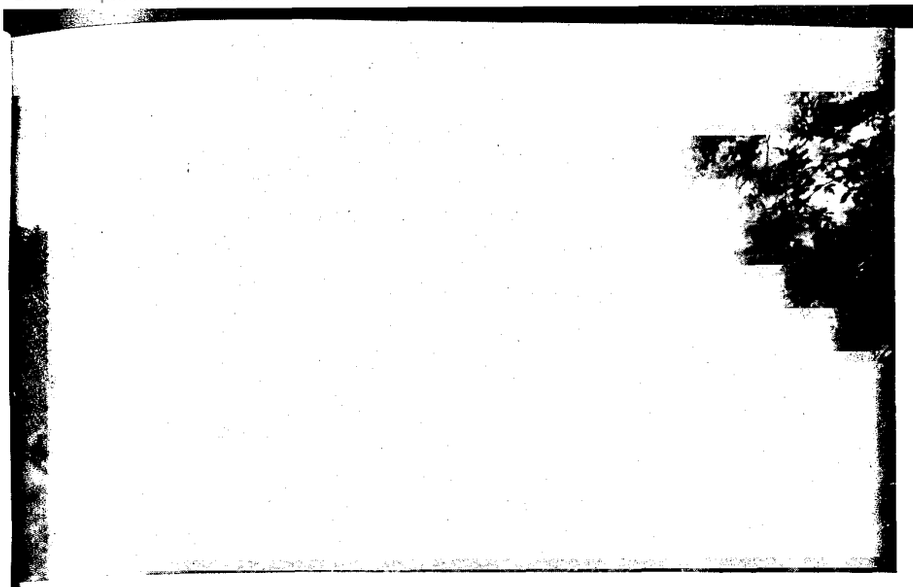
L'aimant de l'appareil construit par MM. Pixii pèse deux kilogrammes et peut en porter quinze. Sa section transversale est un rectangle dont les deux côtés ont 35 et 10 millimètres. La hauteur verticale du fer à cheval dans le sens de l'axe de figure est de 21 centimètres; l'ouverture ou l'écartement des bouts polaires de 2 centimètres.

Cet écartement est le même entre les bouts opposés du fer doux, dont les branches cylindriques ont 15 millimètres de diamètre. La hauteur de ces branches est d'environ 8 centimètres. La longueur du fil enroulé est de 50 mètres ; son poids d'un quart de kilogramme. Le flacon de verre contenant le mercure est placé sur le châssis en bois de l'appareil, et participe au mouvement vibratoire qui résulte du choc des dents du pignon fixé sur l'axe de l'aimant, par la roue qui engrène le pignon. Ce mouvement élève la surface du mercure à la hauteur de l'extrémité du fil non plongé ; le flot du mercure prenant une autre direction, l'étincelle se manifeste à l'instant où l'extrémité du fil sort du flot.

(1) Jean Hachette, géomètre français (1769-1834), nommé en 1823 membre de l'Académie des Sciences. Son élection ne fut pas ratifiée par la Restauration, mais il fut réélu à l'unanimité en 1831.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres



Les souvenirs d'Ampère à Poleymieux

Photos Sylvestre, Lyon

Le village de Poleymieux où s'est écoulée une grande partie de l'enfance d'Ampère

Poleymieux ! le nom de ce modeste village du Mont d'Or lyonnais est indissolublement lié aux souvenirs des années de jeunesse du grand Ampère. Sans doute, il était né à Lyon, dans une vieille rue du quartier Saint-Nizier, en 1775, et notre ville peut à bon droit être fière d'avoir donné le jour à son illustre enfant. Mais c'est dans ce calme vallon, parmi les arbres et les fleurs, dans la contemplation incessante des spectacles de la nature, que son âme s'est formée.

Là, il a ressenti ses premiers enthousiasmes d'enfant ; son esprit s'est éveillé aux joies de la connaissance ; son cœur a été remué par les premiers frémissements de l'amour ; et c'est aussi en ces lieux qu'il a enduré ses premières souffrances morales, A plusieurs reprises, en effet, lorsque sa sœur bien-aimée meurt à 20 ans, ou que son père périt sur l'échafaud, et, plus tard, quand sa chère Julie le laisse seul avec leur petit Jean-Jacques, l'âme si tendre d'André-Marie Ampère est désemparée et, dans son chagrin immense, il semble désormais privé de tout ressort.

Le souvenir d'Ampère : il est partout dans la vieille maison de Poleymieux, et dans ses abords ; il flotte entre les murs qui ont enfermé tant de ses rêves, sous les tilleuls où il aimait à venir méditer et rêver, et dans le jardin, où Julie, un jour, accepta de sa main le présent naïf d'un lys qu'il avait cueilli pour elle. Nous devons donc être reconnaissants à ceux qui, pieusement et sans épargner leurs peines ont réussi, après l'avoir sauvée de la profanation, à faire de cette maison une sorte de sanctuaire tout entier consacré à la mémoire du grand savant.

C'est en 1771 que la maison de Poleymieux, construite bien longtemps avant cette époque, et qui avait souvent changé de maîtres au cours des siècles, devint la propriété de Jean-Jacques Ampère, négociant en soieries à Lyon, à la veille de son mariage avec Mlle Jeanne-Antoinette Desutières-Sarcey. Dans ce foyer devait naître, quatre ans plus tard, André-Marie Ampère.

Cette famille habitait Lyon pendant l'hiver et, dès les beaux jours revenus, allait s'installer dans sa maison des champs. Des années s'écoulèrent ainsi, heureuses et paisibles pour Jean-Jacques Ampère et pour son épouse, qui avaient vu leur foyer s'enrichir successivement de trois enfants : une fille Antoinette, un fils André-Marie, puis une fille encore Joséphine.

La Maison de Poleymieux

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Entrée de la maison d'Ampère transformée en musée

Mais, à partir de 1792, les infortunes s'abattent sur eux. Ce fut d'abord la mort de leur fille aînée ; puis le chef de famille, mêlé dans le tourbillon des événements révolutionnaires et accusé d'avoir, comme juge de paix, délivré un mandat d'arrêt contre le conventionnel Chalier, fut arrêté, condamné à mort et exécuté le 23 novembre 1793.

André-Marie Ampère éprouva à ce moment une grande détresse. Puis la vie reprit ses droits et il devait connaître, quelques années plus tard, dans ces lieux où s'étaient déroulés les événements douloureux que nous venons d'évoquer, les plus pures, les plus douces joies de sa vie. Nous ne rappellerons pas ce que fut cette fraîche idylle, qui valut à Ampère quelques années — les seules — d'un bonheur sans nuages. On sait comment elle se termina par une nouvelle épreuve : la mort de sa bien chère Julie.

Désormais, André-Marie Ampère se détache peu à peu de la maison de Poleymieux. Sans doute il y fera encore quelques brefs séjours et viendra même y rejoindre quelques temps, en 1809, son grand ami Bredin, qui s'y était installé. Mais ces lieux ne présentent plus, pour lui, le même charme, le puissant intérêt d'autrefois. Et, en 1818, définitivement attaché à Paris, il vend la vieille demeure pour payer une maison qu'il y vient d'acquérir.

La propriété de Poleymieux, morcelée et dispersée, fut heureusement reconstituée plus tard dans son ensemble par l'un des acquéreurs successifs. En 1927, elle était de nouveau mise en vente. C'est alors que M. Paul Janet, l'éminent professeur à la Faculté des Sciences de Paris, forma le projet de faire racheter le domaine par la Société Française des Electriciens, afin de sauver de la profanation la demeure familiale du grand Ampère.

Mais où trouver les fonds nécessaires à cet achat ? Par une circonstance providentielle, deux Américains, MM. Hernand et Sosthène Behn, fondateurs de l'International Téléphone and Télégraph Corporation, offrirent à la Société Française des Electriciens de prendre à leur charge cet achat. Ces deux personnalités ont estimé en effet qu'elles devaient être reconnaissantes à Ampère, sans lequel leur industrie, selon l'heureuse expression de M. le professeur Perrin, parlant à la Cérémonie solennelle du dimanche 8 mars, n'aurait même pas de nom, et avec la bonne grâce dans la générosité qui caractérisent les citoyens américains, ils ont acquis la maison de Poleymieux pour en faire un musée où serait gardé le souvenir d'Ampère.

Et le 2 juin 1918, au cours d'une cérémonie qui rassemblait un grand nombre d'amis d'André-Marie Ampère, la Société française des Electriciens prit possession de la vieille maison.

Depuis, de grands travaux d'aménagement et d'installation ont été réalisés, sous la direction de M. Paul Janet et de ce véritable animateur qu'est M. Eugène Dumont, avec le concours de savants dévoués comme M. Rigollot. La Société des Amis d'André-Marie Ampère, qui s'est fondée en 1930 et que préside M. Louis Lumière, a pris la charge de poursuivre cette œuvre. Sous son impulsion, une nouvelle salle dans laquelle se trouvent réunis les souvenirs des « Trois Ampère » fut inaugurée le 11 juin 1933, et des efforts constants sont réalisés afin de faire mieux connaître l'œuvre si étendue du grand savant lyonnais, et de le faire aimer.

Cette œuvre a obtenu de magnifiques résultats, car, chaque année, des milliers de visiteurs se rendent en pélerinage à Poleymieux pour voir les lieux où a vécu, souffert, aimé et travaillé Ampère: ils parcourent les salles du musée, se promènent sous les tilleuls où il aimait à venir méditer, et, en évoquant la vie si noble et si belle, si laborieuse et si désintéressée de ce savant plus grand encore par sa simplicité et sa bonté, que par sa science, ils reviennent de cette visite pleins d'admiration et de gratitude envers lui.

Nous souhaitons que ce musée devienne, de plus en plus, un lieu de pélerinage pour les élèves de nos écoles, nos jeunes ingénieurs et plus généralement pour tous ceux qui ont compris la leçon de la vie admirable d'André-Marie Ampère.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

Ci-contre :
Les vitrines du musée Ampère
à Poleymieux

Ci-contre :
La salle des trois Ampère
au musée de Poleymieux

Inauguration du musée Ampère
le 2 juin 1928, à Poleymieux

On reconnait de droite à gauche :

M. Louis Lumière et le général Ferrié, plus loin MM. Lachat et Coumes, Ingénieurs E.C.L., puis M. Rigollot, Directeur de l'Ecole Centrale Lyonnaise et au-delà de l'orateur, M. Vieil, Directeur de la Compagnie Loire et Centre, M. Béthenod, Ingénieur E.C.L.

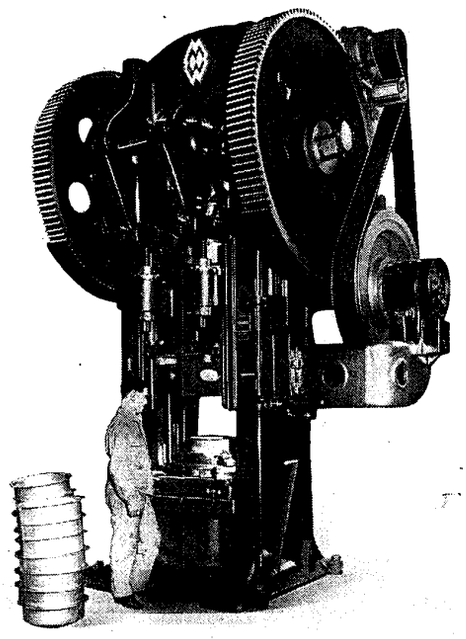
http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

A. L. D. E. S.

Ateliers Lyonnais



d'Emboutissage Spécial

Anciens Etablissements J. JUTHY

Société Anonyme au Capital de 1.000.000 de Fr.

31-33, rue Etienne-Richerand, LYON - **Tél. Moncey 23-31**

EMBOUTISSAGE DÉCOUPAGE

de tous métaux

pour toutes industries

Nos ateliers, munis d'un **matériel puissant, exécutent toutes pièces** sur dessins ou modèles, en tôle d'acier, laiton, cuivre rouge, aluminium, etc...

Nous pouvons obtenir des pièces de **300** ‰ de hauteur pesant jusqu'à **10** kilogrammes dans des épaisseurs jusqu'à **3** ‰.

Outillés pour vous satisfaire,

nous serons heureux d'être consultés

ELECTRICITÉ ET MÉCANIQUE

EMA TOUTES APPLICATIONS EMA

57, Rue Molière, 57 — LYON — Téléphone : L. 53.36 (2 lignes)

ATELIER : 152, Rue Paul-Bert, 152 — Téléphone : M. 82-19

INSTALLATIONS COMPLÈTES DE RÉSEAUX H. T. ET B. T.

INSTALLATIONS DE CENTRALES ET D'USINES

INSTALLATIONS D'ECLAIRAGE ET DE FORCE MOTRICE

BATIMENTS PUBLICS — FACULTÉS — HOPITAUX — SALLES DE FÊTES ET THEATRES

INSTALLATIONS COMPLÈTES DE STATIONS DE POMPAGE

ECLAIRAGE DECORATIF

APPAREILS SPÉCIAUX POUR PARCS, JARDINS, SQUARES ET CASINOS

INSTALLATIONS COMPLÈTES D'ÉCLAIRAGE URBAIN ET SUBURBAIN

avec nos projecteurs type STANDARD

PROJETS ET DEVIS SUR DEMANDE

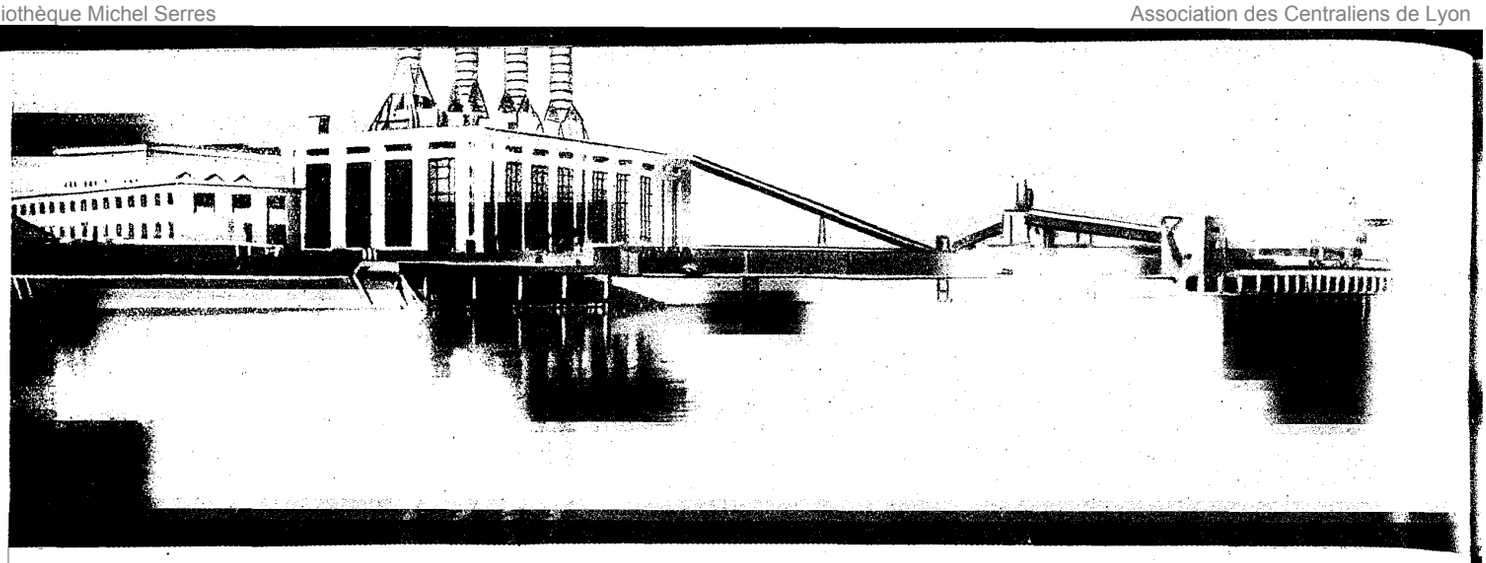
http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Quelques aspects de l'Industrie électrique cent ans après Ampère

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



Centrale Vitry-Sud — Vue générale

Nos centrales thermiques modernes

par M. P. VANEL, Ingénieur E. C. L.

Les besoins sans cesse croissants d'énergie électrique, qui se sont manifestés au cours de l'après-guerre, et en particulier depuis 1925, ont créé une ambiance des plus favorables à l'aménagement des supercentrales thermiques, qui à cette époque de course folle vers l'électrification intégrale, avaient nettement le pas sur les installations hydrauliques, tant au point de vue de la rapidité de construction en regard des besoins urgents d'énergie, qu'au point de vue du rendement plus immédiat en regard des capitaux investis.

Devant ces débouchés grandissants, constructeurs et producteurs se sont délibérément orientés vers la réalisation d'unités de plus en plus puissantes, et en quelques années, nous avons pu assister à une véritable « Renaissance » dans la science de la production thermique, à une époque où l'on croyait précisément voir se stabiliser la technique sur des caractéristiques moins audacieuses.

Le cadre restreint qui nous est offert ici, ne nous permet pas de nous étendre sur les multiples perfectionnements des centrales thermiques modernes, et nous devons nous contenter de constater ce qui a été fait dans deux de nos stations les plus étudiées, construites à 3 ans d'intervalle, et dont la comparaison nous donne pour ainsi dire la marche du progrès réalisé à notre époque, tant au point de vue vapeur, qu'au point de vue électrique.

Notre rapide examen porte sur celui de la super-centrale de Vitry Sud (1930, de l'Union d'Electricité, dite centrale « Arrighi » en souvenir de son principal animateur, l'ingénieur Arrighi de Casanova, prématurément enlevé à l'industrie française en 1932, et sur celui de Saint-Denis II (1933), de la Société d'Electricité de Paris.

La première fut établie pour répondre aux demandes très variables d'un réseau à fort pourcentage d'éclairage, la deuxième est au contraire une usine plutôt de base, assurant l'alimentation du chemin de fer Métropolitain de Paris et du Nord Parisien.

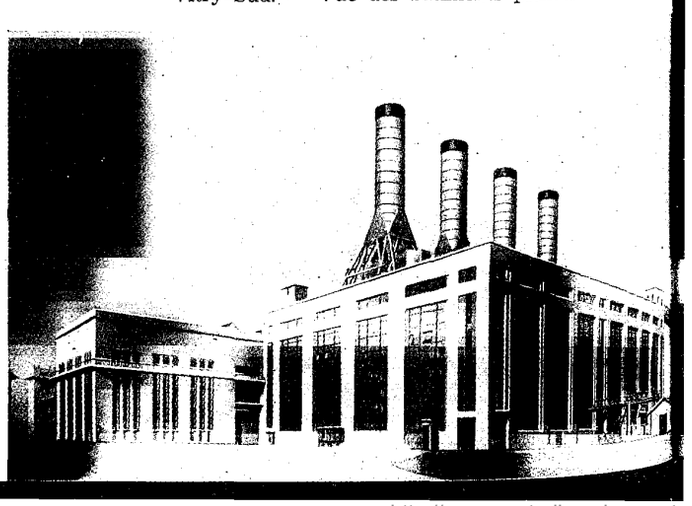
Nous donnons ci-après (p. 37 et 39), sous forme de deux tableaux synoptiques, les caractéristiques essentielles de ces deux centrales.

Après avoir fourni les données principales de ces deux usines, nous nous livrerons à quelques méditations d'ordre général, dont nous chercherons à dégager l'orientation actuelle dans la technique des centrales, en même temps que nous laisserons entrevoir la complexité des problèmes qu'elles posent.

Avant d'aborder ces réflexions, nous attirons d'abord l'attention de nos lecteurs sur le style à la fois moderne et sobre des bâtiments aux multiples et vastes baies éclairantes, qui donne à ces usines une impression de force et de confort inconnu à ce jour dans les centrales thermiques, où contrairement à ce qui s'est passé pour les centrales hydrauliques qui s'y prêtaient mieux, le point de vue architectural a été longtemps négligé.

Sans nous étendre non plus davantage, nous signalons l'automaticité admirable de leurs agencements, aussi bien au point de vue vapeur, qu'au point de vue électrique. Rien d'autre part, n'a été négligé dans le domaine de la sécurité, de l'automaticité et du souci de la réduction de la main-d'œuvre.

Vitry-Sud. — Vue des bâtiments principaux

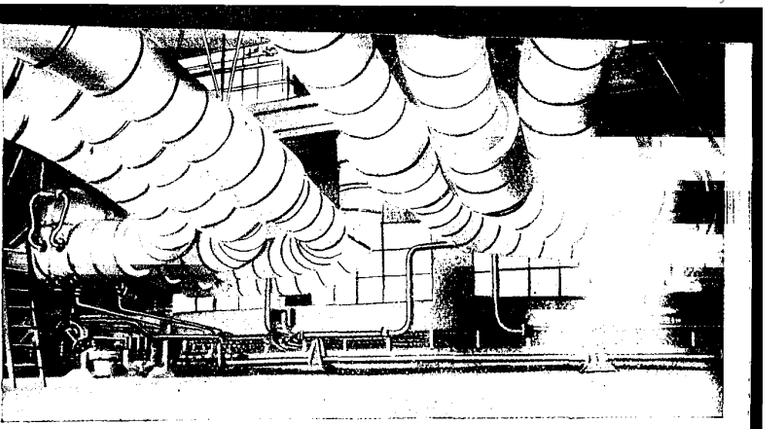


http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Vitry-Sud

Tuyauteries de vapeur à haute pression



VITRY SUD - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

PUISSANCE INSTALLEE : 220.000 KWS

PUISSANCE PREVUE : 500.000 KWS

9 chaudières de 135 t/h de vaporisation, chauffée au charbon pulvérisé.
Timbre de la chaudière ..... *39 kgs/cm²*
Caractéristiques de vapeur à la sortie de la chaudière ..... 35 kg/cm² : *450°*
Surface de vaporisation ..... 2.675 m²
Surface du surchauffeur ..... 675 m²
Surface de l'économiseur ..... 1.230 m²
Surface du réchauffeur d'air ..... 3.340 m²
Alimentation en charbon pulvérisé assuré par *2 broyeurs à boulets* de 9 t/h par chaudière.
Combustion du charbon assurée par *5 brûleurs turbulents* par chaudière.
Réglage de la combustion par *contrôle automatique.*
Epuration des fumées par *dépoussiéreurs hydrauliques.*

Alimentation en eau des chaudières assurée à la pression de 50 kgs/cm² par :
6 pompes électriques de ..... 750 CV
2 turbo-pompes de ..... 750 CV

Parc à charbon de ..... *80.000 tonnes* de réserve
Mise en parc et reprise du charbon par *dragage.*
Transport du charbon par *750 m. de convoyeurs à courroie de 350 t/h* de débit unitaire.

Station centrale de pompage de l'eau de Seine.
Puissance de pompage prévue pour l'Usine complète ..... *10.000 CV*

4 groupes turbo-alternateurs de ..... 55.000 kws - 75.000 kva
Nombre de tours par minute 1.500
Caractéristiques de vapeur à l'admission ..... 33 kgs/cm² : 425°
Tension aux bornes de l'alternateur ..... 13.500 v. triphasée
Fréquence ..... 50 pér./sec.
Transformateurs :
(3 éléments de 25.000 kws par groupe) ..... 13.500 v./60.000 v.

2 condenseurs de 1.700 m² par groupe.

1 poste d'eau par groupe, alimenté par 4 prélèvements de vapeur à la turbine, réchauffant *285 t/h* d'eau condensée à *140°*, la dégazant et distillant l'eau d'appoint.

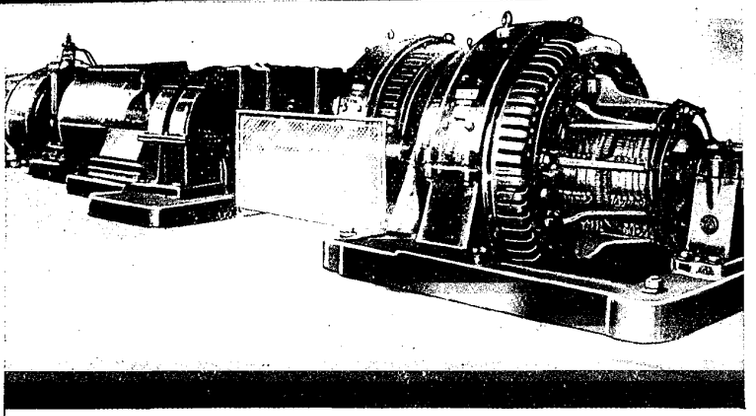
Tableau de distribution « out door » à *60.000 v.* à phases séparées :
8 départs souterrains de 50.000 kva chacun.
Capacité de coupure des disjoncteurs ..... 1.500.000 kva
3 tonnes d'huile par pôle.
Conduite des machines et manœuvres du tableau de distribution centralisées dans une *salle de contrôle,* séparée du reste de l'usine.

Services auxiliaires, en totalité en *courant continu 500 v.* alimentés par :
— 3 groupes turbo-dynamos de 4.000 kws à 3.000 t/m, alimentés en vapeur à 33 kgs/cm² : 425°.
— 2 groupes convertisseurs de *2.000 kws.*
— 4 génératrices de *1.000 kws* en bout d'arbre des Groupes principaux entraînant chaque groupe de pompe d'extraction et de circulation, plus 4 génératrices pilotes.

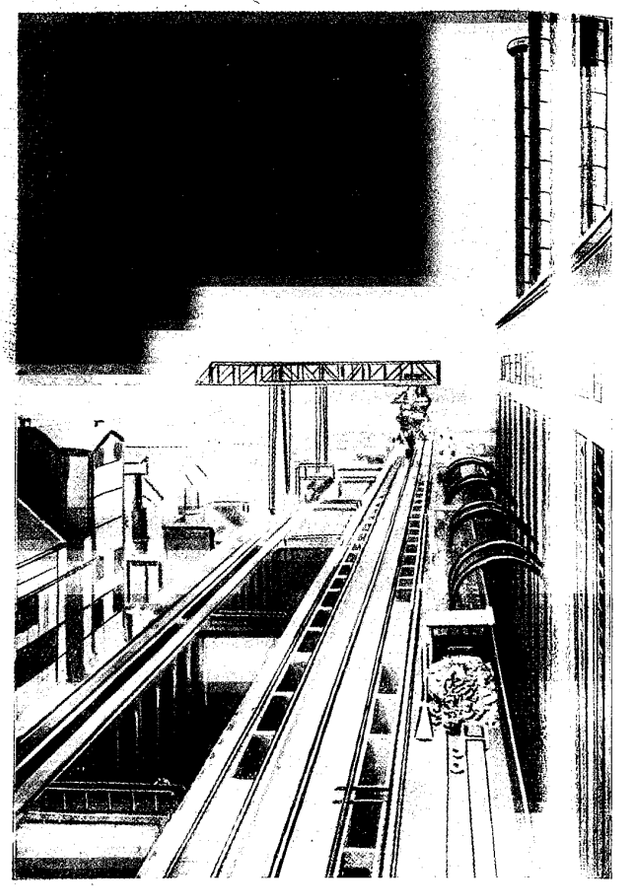
http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon



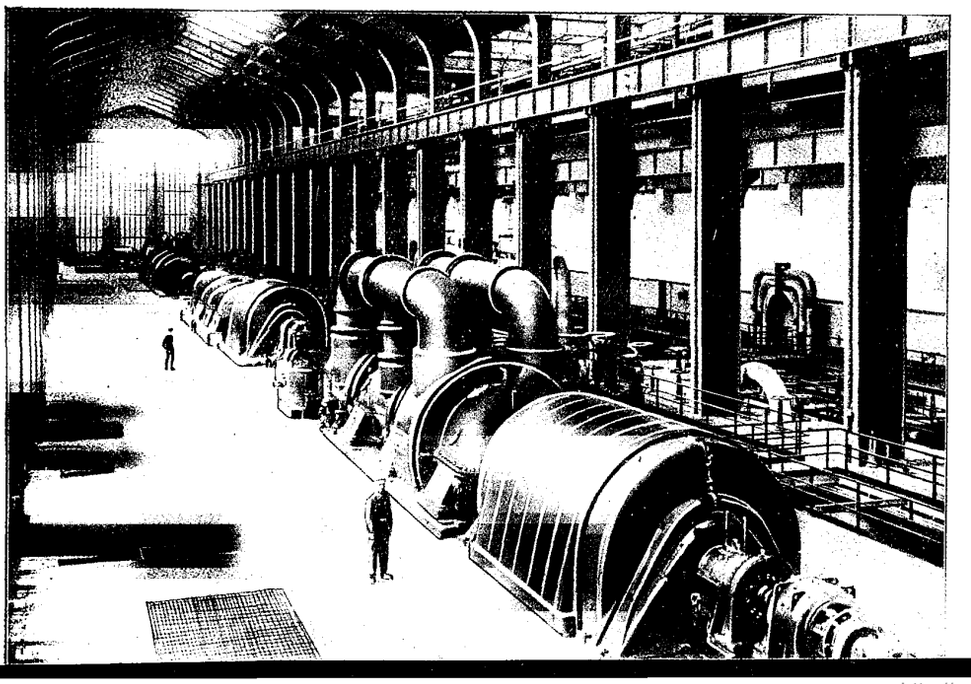
Ci-dessus, de haut en bas
Vitry-Sud. — Groupe turbo-dynamo de 4.000 kw.
Vue générale de la salle des machines



Ci-dessus : St-Denis II

Le parc à charbon
et la plateforme du bâtiment de la pulvérisation

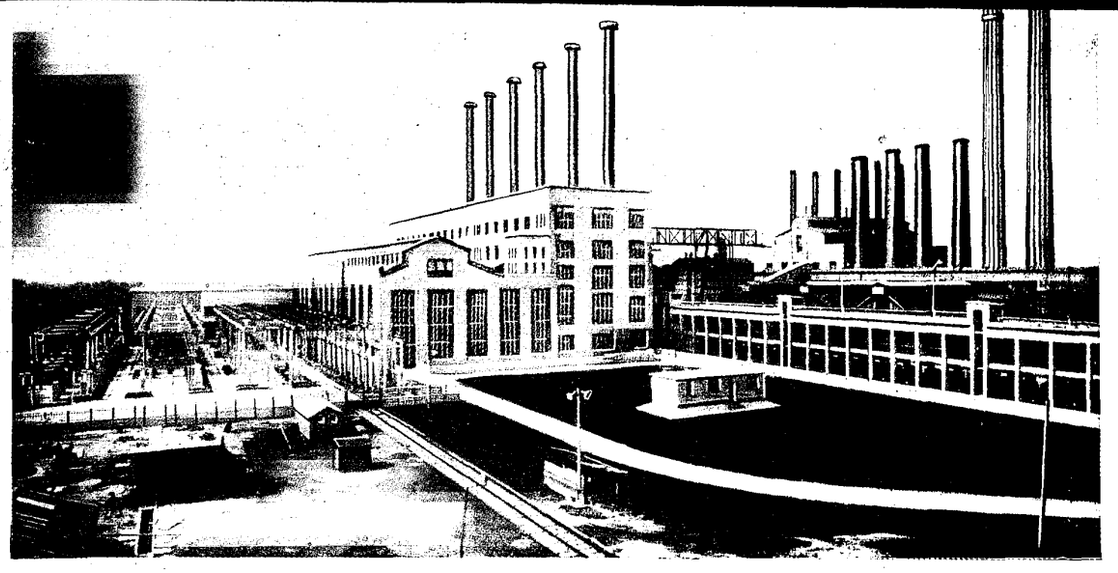
Ci-dessous : St-Denis II
Vue générale de la salle des machines



http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



St-Denis II de la Société d'Electricité de Paris — Vue générale

ST-DENIS II - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

PUISSANCE INSTALLEE : 150.000 KWS
PUISSANCE PREVUE : 400.000 KWS

6 chaudières Barcock & Wilcox de 120 t/h de vaporisation, chauffées au charbon pulvérisé.
Timbre de la chaudière ..... *70 kgs/cm²*
Caractéristiques de vapeur à la sortie de la chaudière ..... 65 kgs/cm² : 465°
Surface de vaporisation ..... 910 m²
Surface du surchauffeur ..... 450 m²
Surface de l'économiseur ..... 1.000 m²
Surface du réchauffeur d'air ..... 5.200 m²
Charbon pulvérisé par un *concasseur de 120 t/h* et par *24 pulvérisateurs* double type Artritor de *5,5 t/h.*
Combustion assurée par 4 *brûleurs* par chaudière.
Réglage de la combustion par *contrôle automatique.*
Epuration des fumées par *dépoussiéreurs hydrauliques* à ruissellement.
Alimentation en eau des chaudières assurée à la pression de 90 kgs/cm², température 200°.
Parc à charbon de ..... *30.000 tonnes* de réserve
Mise en parc et reprise du charbon par portique roulant.
Pompes alimentaires : 6 groupes de 650 CV.
3 groupes turbo-alternateurs de ..... 50.000 kws - 72.000 kva
Nombre de tours par minute 3.000
Caractéristiques de vapeur à l'admission ..... 54 kgs/cm² : 450°
Tension aux bornes de l'alternateur ..... 10.500 v.
Fréquence ..... 50 pér./sec.
Transformateurs :
(1 groupe de 3 transfos monophasés de 72,000 kva par alternateur) ..... 10.500 v./60.000 v.
1 condenseur de 2.800 m² par groupe.
1 poste d'eau par groupe, assurant le réchauffage de l'eau à *180°* de *280 t/h* par prélèvement de vapeur à la turbine, la dégazant et distillant l'eau d'appoint.
Tableau de distribution à *60.000 v.* à phases séparées alimentant :
1 départ St-Denis I de *70.000 kva,*
et 10 autres départs de *50.000 kva* chacun.
Capacité de coupure des disjoncteurs ..... 1.500.000 kva
3 tonnes d'huile par pôle.
Conduite des machines et manœuvres du tableau de distribution centralisées dans un bâtiment séparé du reste de l'usine.
Services auxiliaires :
continu : 230 v. pour les commandes à distance et le contrôle,
alternatif : 230 v. pour les petits moteurs.
alternatif : 3.000 v. pour les moteurs de puissance supérieure à 100 CV.
Ils sont alimentés par :
— 2 turbo-alternateurs de *5.000 kw* à 3.000 t/m alimentés en vapeur à 54 kgs/cm² 460°.
— 1 groupe d'excitation de réserve *280 kw* 3.000 v. vitesse 3.000 t/m.
— 2 groupes convertisseurs de *480 kw.* 1.000 t/m donnant du courant continu à 230 v.
— 2 groupes convertisseurs de *50 kw,* donnant du courant continu sous la tension de 230 v.
— 3 excitatrices de *180 kw* 240-480 v., plus 3 excitatrices pilotes de *4,80 kw,* 240 v.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Pour répondre aux deux premiers, les enclenchements, les verrouillages, la signalisation, ont été poussés à fond et si soigneusement étudiés, que la fausse manœuvre est devenue pour ainsi dire impossible, et qu'un enfant pourrait mettre en service, sans le moindre effort, les organes les plus massifs, depuis les vannes à vapeur à haute tension jusqu'aux groupes de 75.000 kva.

Dans le domaine de la réduction du personnel, le parc à charbon de Vitry Sud, avec ses 750 mètres de convoyeurs est une réalisation de premier ordre, que peuvent nous envier les centrales américaines les plus modernes... Et tout ceci fonctionne presque seul, obéissant aveuglément à la demande des réseaux sur lesquels elles maintiennent, envers et contre tout, une tension et une fréquence d'une régularité impeccable !...

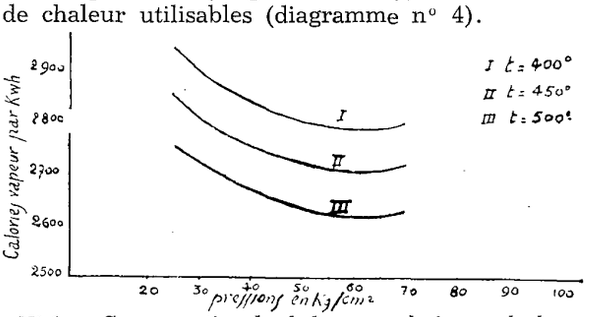
Passons maintenant à l'examen de leurs organes vitaux, thermiques, mécaniques et électriques, tant au point de vue de la grandeur des unités adoptées, qu'au point de vue de leurs caractéristiques physiques, et nous aurons une idée assez nette de l'orientation actuelle dans la technique des centrales thermiques.

Tout d'abord, en ce qui concerne les chaudières à vapeur, ce sont des unités de même ordre, 135 t.-h. à Vitry Sud et 120 t.-h. à Saint-Denis II, les unes et les autres alimentées au charbon pulvérisé, qui semblent devoir être adoptées une fois pour toutes. Que ce soit les « Ladd-Belleville » de Vitry Sud ou les « Babcock » de Saint-Denis II, il faut retenir comme tendances générales, la réunion toujours plus étroite des parties vaporisantes aux foyers et aux chambres de combustion, l'emploi d'unités donnant en régime normal, une production d'une centaine de tonnes de vapeur à l'heure, l'emploi d'écrans d'eau protégeant les maçonneries contre les températures très élevées des gaz de la combustion, enfin et surtout, l'augmentation des taux de transmission d'où résulte une réduction de l'encombrement et du prix de premier établissement.

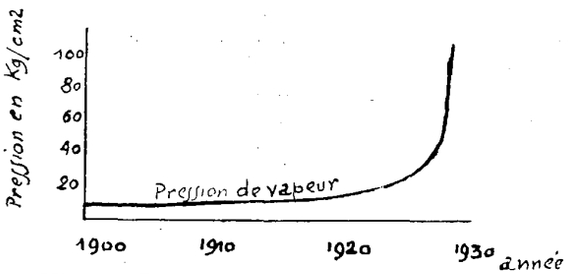
Dans cet ordre d'idée, nous notons en effet pour Vitry Sud, une vaporisation horaire de $\frac{120.000 \text{ kgs}}{2.350 \text{ m}^2}$ soit de 50 kgs en chiffres ronds par mètre carré qui se trouve portée à $\frac{90.000 \text{ kgs}}{910 \text{ m}^2}$, soit à 100 kgs en chiffres ronds, à Saint-Denis II, chiffre éloquent, qui montre l'effort réalisé dans le but, comme nous le disions plus haut, de réduire le prix de revient de la tonne de vapeur installée.

Dans le domaine des pressions et des températures de surchauffe, nous voyons la vapeur passer de 35 kgs cm², 450° à Vitry Sud à 65 kgs cm², 460° à Saint-Denis II, dans le but de diminuer la consommation en calories par kw.-h., et de s'approcher des consommations théoriques les plus faibles, que nous avons représentées sur le diagramme n° 1 ci-après, dont nous sommes dès lors très voisins, en dépit des difficultés de tous ordres à surmonter, tant dans la construction des tuyauteries que dans celles des turbo, qui devient dès lors des plus délicates (pour des tuyauteries emploi d'aciers au chrome et au molybdène, et de joints et de suspensions spéciales, en vue des dilatations — pour les turbines, aciers spéciaux pour les aubages, et difficultés de tous ordres —).

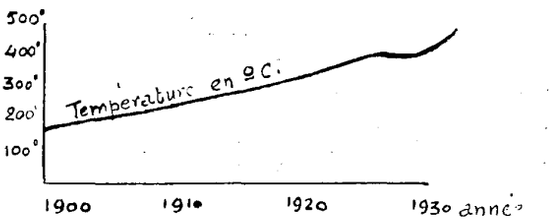
Et désirant montrer d'une façon plus concrète la marche en avant constatée, nous avons reproduit ci-après, d'une part (diagramme n° 2), l'évolution des pressions de vapeur utilisées dans la période 1900 à 1930, et dans la même période celle des températures (diagramme n° 3), et des chutes de chaleur utilisables (diagramme n° 4).



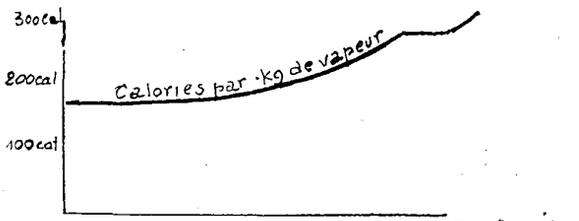
N° 1. — Consommation de chaleur en calories par kwh en fonction de la pression et de la température.



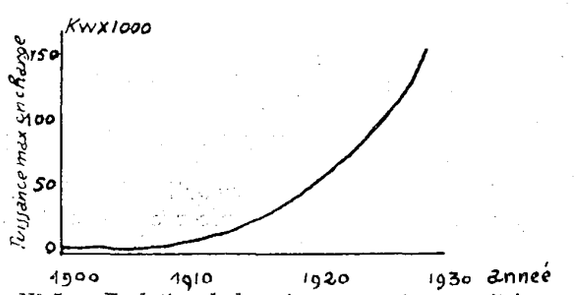
N° 2. — Evolution de la pression de la vapeur.



N° 3. — Evolution de la température de la vapeur.



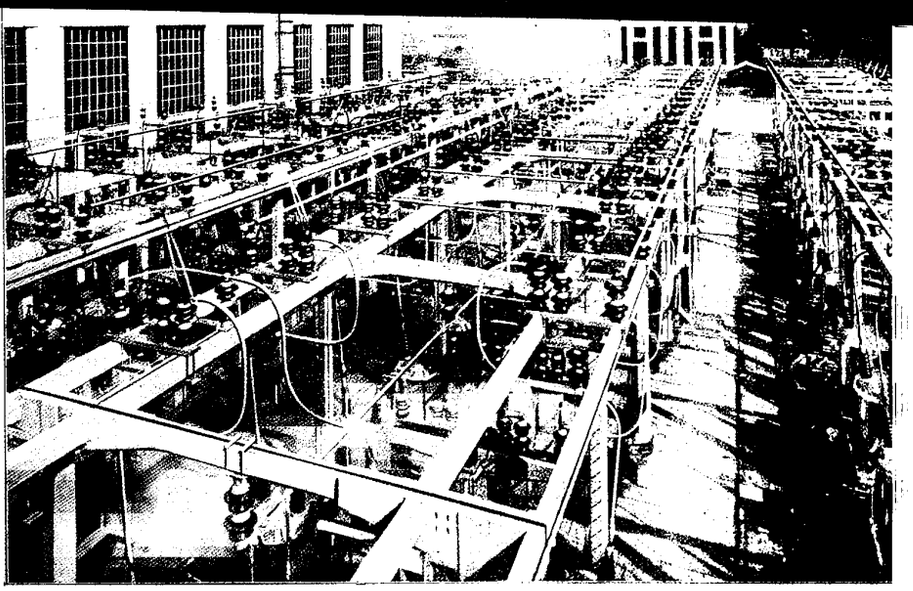
N° 4. — Evolution de la chute de chaleur utilisable.



N° 5. — Evolution de la puissance maximum unitaire.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



St-Denis II
Vue générale
du poste extérieur 50 kw.

Pour ce qui est de la puissance unitaire des groupes, nous constatons une stabilisation voisine de 65.000 kilowatts, et le renoncement à des puissances unitaires plus élevées, dans l'idée de réduire les immobilisations correspondant aux groupes en réserve, qui prennent trop d'importance avec l'adoption d'unités plus puissantes. Et, il semble bien qu'en France, contrairement à ce qui s'est pratiqué en Amérique, tout au moins vers 1930, on préfère pour l'instant sacrifier cet élément du rendement et s'en tenir à des chiffres plus modérés.

Le lecteur pourra, en tous cas, se rendre compte de l'évolution mondiale dans les puissances unitaires, par l'allure de la courbe n° 5 ci-annexée, qui ne comprend toutefois pas certaines puissances, en quelque sorte hors série, qui ont été utilisées en Amérique vers 1929-1930.

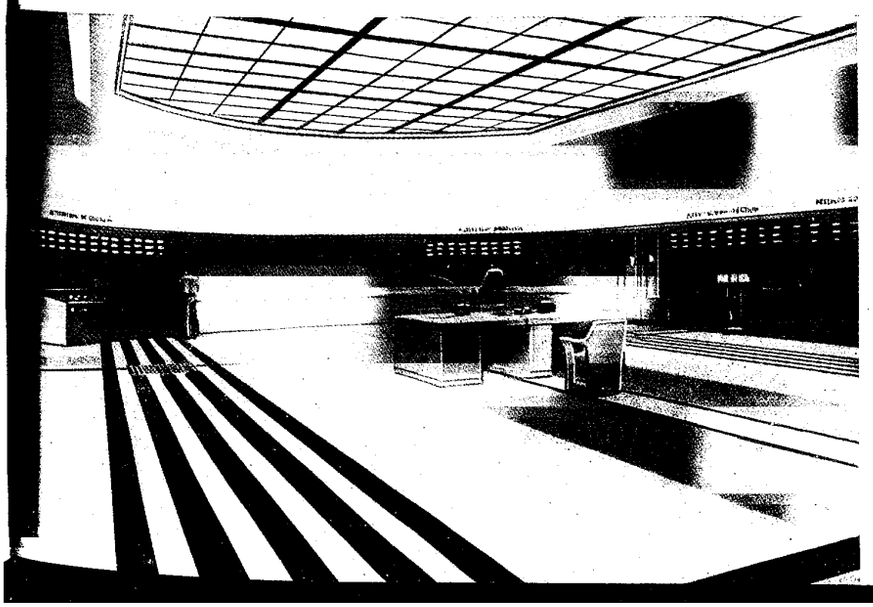
Nous constatons par contre, que pour des puissances unitaires de même ordre, la vitesse a passé de 1.500 tours minute à Vitry Sud à 3.000 tours minute à Saint-Denis II, nos constructeurs ayant entre temps, solutionné les graves problèmes de résistance de matériaux auxquels nous faisions allusion plus haut, à propos des températures en usage. Et malgré cette vitesse doublée en 3 ans, nous constatons que la tension des groupes n'a été que très peu réduite, puisqu'elle a passé de 13.500 volts à Vitry Sud pour 1.500 tours en 1930 à 10.500 volts à Saint-Denis II, pour 3.000 tours en 1933, pour des unités de 75.000 kva., ce qui constitue un véritable tour de force de la technique, ayant eu pour résultat de faire régresser très vivement le coût du kilowatt installé.

Telles sont, en résumé, les tendances actuelles dans les centrales thermiques modernes... Que sera l'avenir ?

Nous pensons que la technique aura à chercher un compromis dicté, d'une part, par les lois de la thermodynamique, d'autre part, par la résistance des matériaux, tant au point de vue mécanique qu'au point de vue électrique et enfin, par l'importance possible des immobilisations en fonction de l'utilisation sur laquelle on pourra compter. C'est là, tout le problème des centrales thermiques de demain, dont le degré de perfectionnement et le sort, sont liés à la valeur du loyer de l'argent et à la politique générale, que suivront les producteurs en fonction de la nature des débouchés qui s'ouvriront à eux.

Et, dans ce domaine où nous venons de constater que c'est à pas de géants que la technique a franchi maints obstacles, réputés comme infranchissables, gardons-nous d'être trop affirmatifs en pensant que si Ampère pouvait assister à cette formidable évolution, il n'en croirait certainement pas ses yeux, tant ses élèves usant d'audace ont réussi à faire progresser au-delà de toute limite, la technique dont il leur a si modestement fourni les principes immuables, véritable clef de voûte de toute notre industrie moderne.

P. Vanel, E.C.L., 1910, I.E.G., 1911.
Ingénieur à la Société Générale de Force et Lumière.



St-Denis II.
Tableaux de commande et de contrôle

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Société Lyonnaise d'Industrie Mécanique

Téléph. : VILLEURBANNE 84-11 et 84-12
Chèques Postaux Lyon 137-30

Société anonyme au capital de 1 million de francs
LYON-VILLEURBANNE

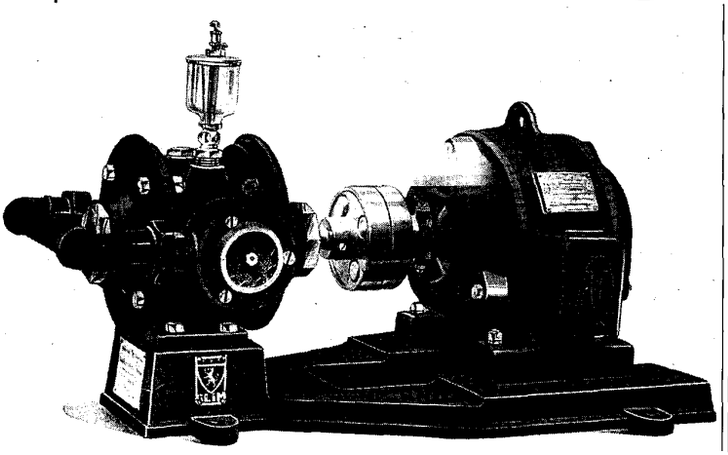
Télégrammes : INDUSMEC -LYON
Registre du Commerce B. 1746

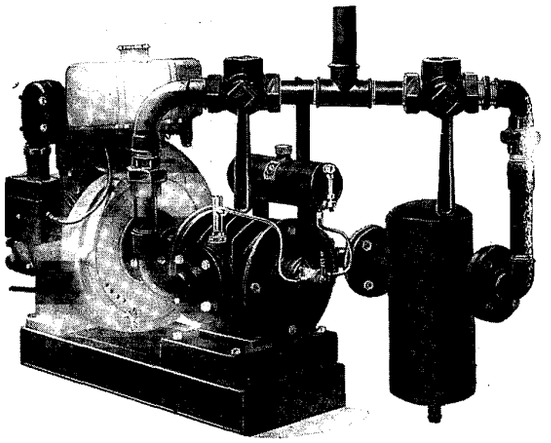
SURPRESSEURS D'AIR ET DE GAZ

DÉBITS de 1 à 1000 m³ heure
PRESSIONS jusqu'à 1 kg.

GROUPES SPÉCIAUX POUR VIDANGE
Modèles déposés

300 Groupes en service





POMPES A MAZOUT DÉBITS 50 à 300 litres heure
GROUPES SPÉCIAUX POUR LE CHAUFFAGE
30 Modèles différents tous disponibles

Demandez notre Documentation détaillée

ÉTABLISSEMENTS

G. BOMBAIL, J. ZENONE & J. PIN

S. A. R. L. au capital de 100 000 francs

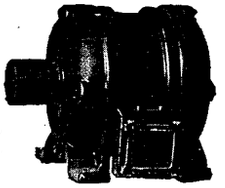
15, avenue Jean-Jaurès, LYON (VII^e^)

Tél. Parmentier 31-06 — Adr. télégr. Bomzenpin-Lyon

Agents exclusifs des Constructions électriques

BELZON & RICHARDOT
à BAVILLIERS
(Territoire de Belfort)

Moteurs de 1/10 à 1 cv
tous courants



Ventilateurs aspirateurs et centrifuges
pour bureaux, salles publiques, cuisines, séchoirs, forges, fours...
Dynamos - Commutatrices

Pompes à bras "CADY"
rotatives ou demi-rotatives

Pompes MAROGER - Nîmes
centrifuges et à piston — commande par poulie, moteur électrique et à essence.
Succursale de Lyon : 15, avenue Jean-Jaurès

ETABLISSEMENTS E. PIVOT

29, Rue de Songieu - VILLEURBANNE

Téléph. : Villeurbanne 96-50

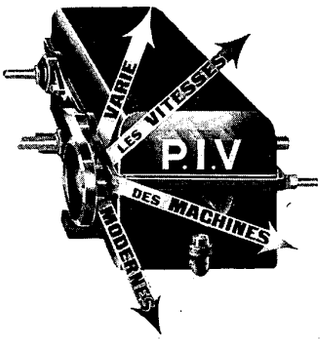
FILIÈRES D'ETIRAGE
au carbure de Tungstène

SPÉCIALITÉ DE FILIÈRES DE FORMES
Hexagonales, Carrées, Extensibles

MACHINES SPÉCIALES
pour l'entretien des Filières

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

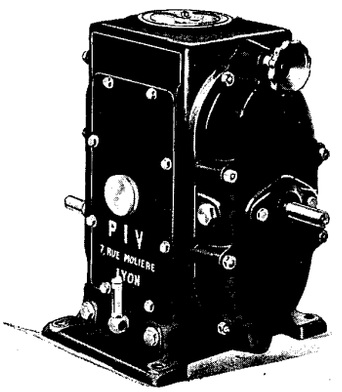
Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



VARIATEUR CHANGEMENT DE VITESSE INDUSTRIEL

P.I.V.

Pour commande
de
Toute Machine
Industrielle
à
VITESSE
VARIABLE



Type vertical " Universel "

L. DAFFOS

Ingénieur I. E. G.

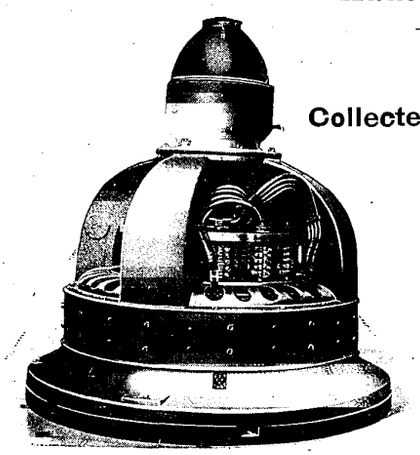
31, rue de l'Egalité - VILLEURBANNE (Rhône)

Téléphone : VILLEURBANNE 96-35

MODIFICATION ET REPARATION

de MACHINES ÉLECTRIQUES de toutes puissances

Haute et Basse Tension



FABRICATION de

Collecteurs, Sections d'induits, Bobines d'inducteurs,
Galettes de Transformateurs

Poste d'essais à 150.000 volts

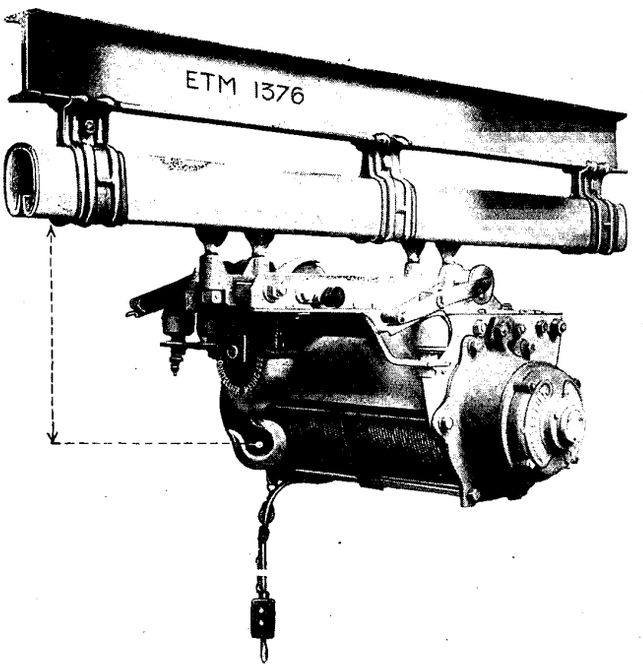
Equilibrage Statique et dynamique

Installation pour le traitement des huiles de transformateurs

ACHAT-VENTE et LOCATION
de tout Matériel Electrique

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



Palan électrique type « M » blindé, combiné avec chariot pour voie suspendue système TOURTELLIER
Avancement à bras. — Commande électrique par boutons.
Type spécial à crochet déporté et hauteur perdue réduite.

MONORAILS

à main (Système TOURTELLIER breveté)
et électriques

PALANS ÉLECTRIQUES

PONTS ROULANTS

à main et électriques

INSTALLATIONS COMPLÈTES
◆◆◆ DE MANUTENTION ◆◆◆

ETABS TOURTELLIER

MULHOUSE (Haut-Rhin)

Louis BAULT & Fils

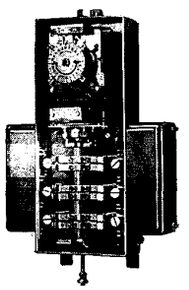
(1896) (1930)

Ingénieurs E. C. L. - Architectes

Agents régionaux

LYON - 13, place Jean-Macé

Téléphone : PARMENTIER 18-17



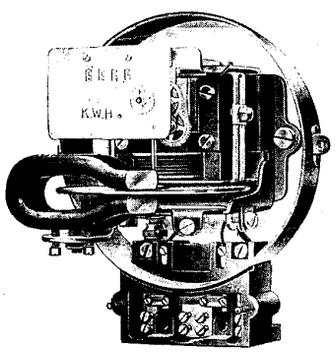
Interrupteur horaire

APPAREILS ÉLECTRIQUES
ET
COMPTEURS GARNIER
ÉLECTRICITÉ - GAZ - EAU

Société anonyme au capital de 5.000.000 de francs
réduit à 1.000.000 par remboursement d'actions

Siège Social : Usines à LYON
82 bis, chemin Feuillat — 124, cours Albert-Thomas
Téléphone : Parmentier 75-28 (3 lignes)

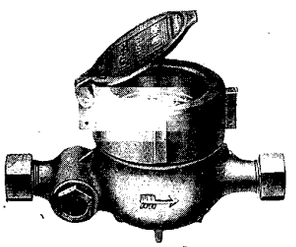
Agences à PARIS : *115, rue Cardinet* - Tél. : Wagram 23-63
— **à BORDEAUX :** *34, cours de Verdun* - Tél. 833-58



Compteur électrique

- **Compteurs électriques pour toutes tarifications.**
- **Appareils de mesure.**
- **Interrupteurs disjoncteurs.**
- **Minuteries.**
- **Interrupteurs horaires.**
- **Thermostats.**
- **Vannes motorisées.**
- **Compteurs à gaz secs à soupapes détendeurs.**
- **Compteurs d'eau, de vitesse et de volume.**

Compteur à gaz



Compteur d'eau

G. OFFEL DE VILLAUCOURT
(E. C. L. 1924)
L. PEYRAUD (E.C.L. 1932)
VALÈRE-CHOCHOD (E.C.L. 1913)

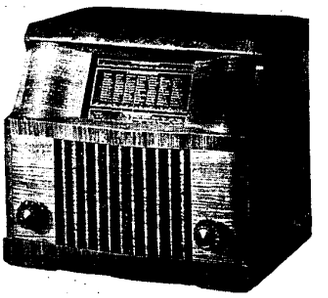
http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LŒWE-RADIO

Qualité ! Renommée !

Prix !



Revendeurs...
Demandez à l'Agence

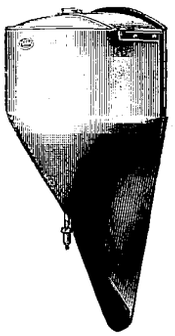
DELOR & Cie

26, Quai Fulchiron - LYON

-:- Téléphone : FRANKLIN 30-52 --

CATALOGUES ET PRIX

ATRHO



LE VIR'VIDOIR

Appareil Breveté

Construit en acier, galvanisé, adaptable à toute descente d'ordures ménagères, évitant odeurs, éclaboussures et engorgement des conduites.

Se recommande à MM. les Architectes, Entrepreneurs, Propriétaires, etc...

ainsi que nos Armoires-vestiaires à portes rentrantes ou à portes ordinaires, nos tuyauteries variées, nos coudes emboutis, nos réservoirs et réchauffeurs, nos vases d'expansion, lavabos, braseros, nos bennes, brouettes à caisse fixe ou culbutante, nos auges, tinettes, citernes à mazout et poubelles de tous modèles.

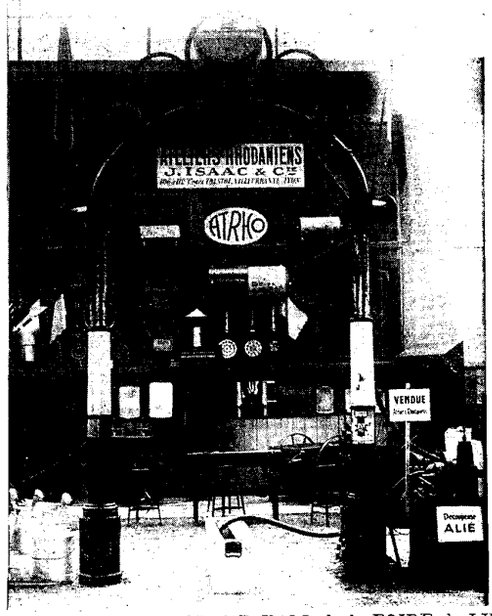
ATELIERS RHODANIENS

Emboutissage J. ISAAC & Cie **Galvanisation**

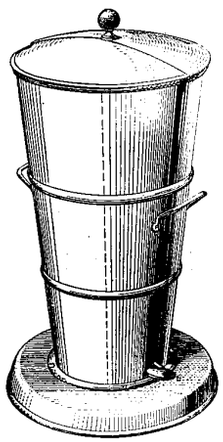
— Ingénieur E. C. P. —

MANUFACTURE DE TOLERIE

Cours Tolstoï, 106 à 112 — **VILLEURBANNE-LYON**



Notre STAND dans le GRAND HALL de la FOIRE de LYON



LE VIR'HAP'PED

Appareil Breveté

Entièrement métallique, s'ouvrant au pied, se fermant de lui-même, escamote discrètement les déchets de pansements et de toutes opérations.

Indispensable aux Hôpitaux, Maternités, Cliniques, etc...

Son récipient mobile reste couvert pendant qu'on le transporte au vidage.

Par lui est pratiquement résolu le problème de l'élimination des miasmes dans les installations médicales comme il l'avait été dans les installations culinaires par sa devancière, la caisse **SALUBRISSIME,** vendue aux particuliers par nos dépositaires, **MM. ESMIEU et ROFFAT, 92, rue Pierre-Corneille à Lyon.**

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Le problème de la protection des personnes et des appareils dans les installations électriques

Dispositif de sécurité par serrure de verrouillage, système B. Trayvou

Le développement toujours croissant des installations électriques, surtout en ce qui concerne la haute tension entraîne dans ces installations des conditions de fonctionnement, d'alimentation et de distribution de plus en plus complexes.

Ces conditions sont réalisées par la conjugaison de divers appareils (disjoncteurs, sectionneurs, inverseurs, etc.), qui ne peuvent être manœuvrés sans danger, que dans un ordre rigoureusement déterminé.

Toute fausse manœuvre peut entrainer la mise hors de service de tout ou partie de l'installation, ou ce qui est plus grave, créer un danger de mort pour le personnel.

Cette situation a conduit les usagers à matérialiser les consignes en installant des dispositifs de sécurité, qui mettent le personnel à l'abri de toute défaillance dans l'exécution des manœuvres.

Ces dispositifs à adopter doivent remplir les conditions essentielles ci-après :

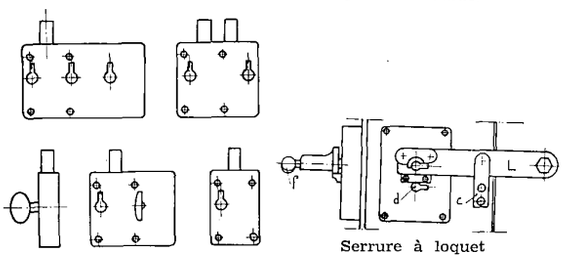
1° Permettre sans complication, toutes manœuvres normales des appareils, quels que soient l'ordre et les conditions d'exécution imposés.

2° Interdire de façon absolue toute manœuvre intempestive ou dangereuse.

3° S'adapter facilement et directement à tous les types d'appareils utilisés.

C'est sur cette base que les Etablissements Trayvou, spécialisés dans la construction des appareils d'enclenchement et l'étude des questions s'y rapportant, ont mis au point un système de verrouillage par serrures.

PRINCIPE. — Les serrures Trayvou ne sont pas des appareils de manœuvre, mais simplement des organes de verrouillage mécaniques, s'adaptant aux appareils de manœuvre, c'est-à-dire que le système peut s'appliquer à toute installation existante ou à créer, sans modifier en rien le programme prévu au point de vue électrique, mais en ajoutant simplement sur les appareils utilisés une pièce de forme appropriée au mieux à leur type et permettant de les verrouiller dans la position voulue.



Serrure à loquet

En principe, les appareils sont verrouillés dans la position de sécurité (circuit ouvert pour les disjoncteurs, interrupteurs, sectionneurs ; portes fermées pour les cellules ou cabines de transformateurs, etc.), dans certains cas cependant, les conditions de sécurité exigent le verrouillage dans les deux positions : (circuit ouvert) et (circuit fermé), pour empêcher par exemple la manœuvre des sectionneurs en charge.

Ce verrouillage est assuré sur chaque appareil au moyen de serrures à pène saillant des types représentés ci-contre, dont l'encombrement très réduit permet l'installation facile au droit des appareils à verrouiller.

Ces serrures comportent une ou plusieurs clés pouvant être conjuguées entre elles, suivant les combinaisons envisagées. Leur action sur les appareils est la suivante : La serrure fermée, le pène sorti, verrouille l'appareil correspondant, dans sa position de sécurité, à ce moment la clé est libre et peut être retirée de la serrure.

Réciproquement, pour permettre la manœuvre de l'appareil, il faut introduire la clé dans la serrure ; ouvrir celle-ci en faisant rentrer le pène, ce qui déverrouille l'appareil qui peut être manœuvré.

La clé demeure prisonnière tant que l'appareil n'est pas remis dans sa position de verrouillage.

Le fait d'avoir en main la clé d'une serrure verrouillant un appareil implique donc d'une façon formelle que ce dernier est immobilisé dans sa position de sécurité.

La réalisation des conditions de verrouillage matérialisant les consignes donne lieu à des combinaisons souvent très complexes, variant avec chaque installation, suivant le nombre d'appareils mis en œuvre et l'ordre des manœuvres imposées. La plupart de ces combinaisons peuvent être réalisées au moyen des serrures présentées ci-contre.

Cependant, certains cas particuliers de verrouillage sont résolus par des appareils spéciaux dont les principaux sont :

1° **Les Serrures centrales**, qui permettent :

— De subordonner le déverrouillage d'un appareil à l'accomplissement préalable de l'une quelconque de N combinaison ou :

— De subordonner le déverrouillage simultané de N appareils, au verrouillage préalable, dans une position déterminée, d'un ou de plusieurs autres appareils.

2° **Les Serrures électriques** dans lesquelles un côté du pène réalise le verrouillage mécanique de l'appareil à protéger, et l'autre côté est disposé pour établir ou couper, suivant la position de la clé, un ou deux contacts électriques susceptibles de produire soit un second verrouillage électrique, soit l'établissement de circuits de contrôle donnant à distance, la position de l'appareil.

3° **Les Serrures à loquet** pour verrouillage des portes, qui peuvent s'adapter a toutes les portes, quel que soit leur mode de fermeture.

4° **Les Transmetteurs électriques de clés**, qui servent à éviter le transport des clés à de grandes distances et assurent la rapidité et la sécurité des manœuvres lorsque deux appareils très éloignés l'un de l'autre, sont conjugués, c'est-à-dire que la manœuvre du premier est subordonnée à celle du second ou inversement.

Exemple simple. — Verrouillage de deux sectionneurs, un disjoncteur et une porte de cellule.

Les conditions de sécurité à assurer doivent interdire :

1° De mettre en parallèle les deux arrivées ;

2° De manœuvrer un sectionneur en charge ;

3° D'ouvrir la cellule avant ouverture du disjoncteur et des sectionneurs.

Le dispositif de verrouillage comporte :

2 Serrures Trayvou à 2 clés et 2 pènes saillants disposées pour verrouiller chacun des sectionneurs S1 et S2, ouvert et fermé,

1 Serrure Travou à clé, 1 pène saillant verrouillant le disjoncteur D, ouvert,

1 Serrure Trayvou à loquet mobile verrouillant la porte de la cellule fermée,

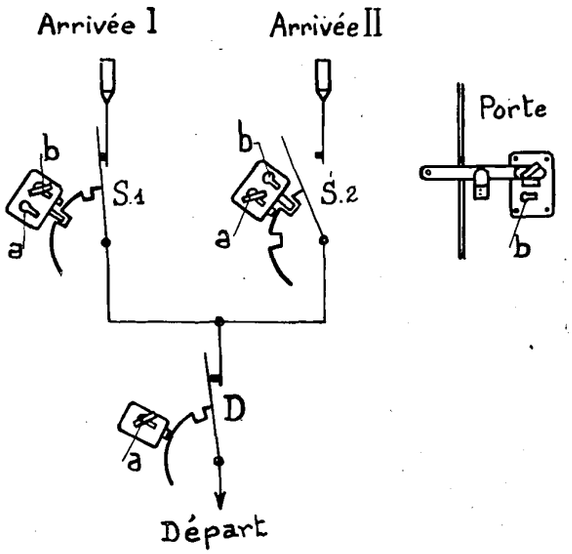
2 Clés mobiles (a) communes aux serrures des deux sectionneurs et du disjoncteur,

1 Clé mobile (b) commune aux serrures des deux sectionneurs et de la porte de cellule.

Fonctionnement. — Le schéma représente l'installation en tension sur l'Arrivée I. (S1 fermé, S2 ouvert, D fermé, porte fermée).

Pour passer de l'Arrivée I sur l'Arrivée II, il faut :

Ouvrir le disjoncteur D, le verrouiller ouvert en retirant la clé (a). Porter cette clé dans la serrure S1 pour déverrouiller ce sectionneur et l'ouvrir ; le verrouiller ouvert en retirant la clé (b). Porter cette clé au sectionneur S2 pour déverrouiller cet appareil et le fermer ; le verrouiller fermé en retirant la clé (a), qui portée dans la serrure D permet de déverrouiller et de fermer ce disjoncteur. Pour ouvrir la porte de la cellule, il suffit d'ouvrir le disjoncteur D et de le verrouiller ouvert en retirant la clé (a). Avec cette clé ouvrir ensuite le sectionneur fermé, ce qui libère l'unique clé (b) qui, portée dans la serrure à loquet, dégage ce dernier et permet l'ouverture de la porte.



Ce cas très simple, montre nettement que la manœuvre des trois clés mobiles en service ne change rien au processus normal des opérations, mais oblige l'agent d'exécution à les effectuer dans l'ordre, sans aucune complication et sans possibilité d'erreur.

Les Successeurs de B. TRAYVOU, La Mulatière (Rhône)

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

L'Industrie hydro-électrique française
Origines - Evolution - Etat actuel

par M. G. MAILLET, Ingénieur E.C.L.

L'évolution continue — le progrès — de la Civilisation moderne implique une consommation croissante et sous toutes ses formes, de l'Energie Electrique, de plus en plus substituée à l'effort humain, et aux anciens artifices.

Le *Moteur Thermique* — dont la machine à vapeur et les moteurs à explosion, ou à combustion interne, sont des modalités — utilisant les réserves de combustibles, solides ou liquides, accumulées au cours des périodes géologiques, qui ont précédé notre âge.

Par malheur cette utilisation, si perfectionnée qu'elle soit, détruit, sans espoir de retour, l'héritage d'un long passé; l'épuisement de ses gisements de combustible semble n'être pour l'humanité qu'une question de temps.

Il est heureusement d'autres « forces naturelles » que l'homme commence à savoir asservir; la recherche patiente et les découvertes du « Savant », l'utilisation pratique qu'en réalise l' « Ingénieur », étendent peu à peu ce domaine. Chaque jour lui apporte une conquête nouvelle, et recule ses limites vers des horizons hier encore à peine soupçonnés.

C'est que notre univers lui-même *vit*, et perpétuellement se transforme, mettant en jeu des quantités incommensurables d'Energie, sans cesse échangées et renouvelées.

L'ancêtre : Vieille roue hydraulique

Harcelé par ses besoins immédiats et toujours croissants, hanté aussi par le souci instinctif de l'avenir, l'homme s'efforce, par son industrie, d'en capter et d'en utiliser des parcelles.

La plus proche de nous et la plus facile à saisir, de ces forces naturelles est celle de *l'Eau* — soit courante, donc en puissance actuelle — soit même momentanément retenue, accumulée en tête d'une chute, donc à l'état potentiel.

Elle est la base de l'ensemble des phénomènes énergétiques que l'Industrie Hydro-Electrique met en valeur et auquel un grand Français, Aristide **Berges** a attaché le nom prestigieux de « ***Houille Blanche*** ».

Née d'un fait naturel, actuel et continu, celle-ci ne se dégrade, ni ne s'use. A chaque instant, le rayonnement solaire prélève à la surface des immensités océaniques des masses de vapeur d'eau; leurs nuées, entraînées par le vent, viennent se condenser, se précipiter en pluie ou en neige sur le relief des continents, alimentant ainsi les glaciers et névés de la haute montagne, le débit des sources, le cours des rivières et des fleuves; ceux-ci restituent enfin à la mer l'eau reçue par les terres, où son passage assure la perpétuité de la vie organique et donne naissance à la « Force Hydraulique ».

Ce cycle d'échange continu aura sans doute la même durée que l'activité solaire. Ce fait confère à la Houille Blanche une pérennité à laquelle la Houille Noire ne saurait prétendre.

1° ORIGINES ET PREMIERES APPLICATIONS

Les premières applications de la force de l'eau courante se perdent dans la nuit des temps.

Qui donc inventa la roue à palettes ou à augets ? Moulins, rouets, martinets, norias furent de toute époque et de toutes civilisations; de temps immémorial, aussi bien dans les profaceurs de l'Extrême-Orient que sur les ruisseaux de nos campagnes, l'homme emploie la puissance de l'eau à moudre son grain, à scier son bois, à forger ses outils, à irriguer ses cultures.

Le développement industriel, né avec le XIX^e^ siècle, et dont la première étape a vu le triomphe de la Machine à Vapeur, a ouvert à la Force Hydraulique, associée aux applications de l'Electricité, un champ d'action nouveau, de jour en jour plus vaste ; en moins de cinquante ans, l'Industrie Hydro-Electrique est devenue un des facteurs principaux de la richesse des nations.

Mais ce développement a été précédé d'une longue et patiente mise au point du Moteur Hydraulique. Successivement : Burdin (1826), Fourneyron (1827), Fontaine (1839), Jonval (1841), Girard (1851), Kœcklin, ont, par leurs travaux et leur construction, préparé la technique d'où est sorti l'outil puissant et perfectionné, à haut rendement, qu'est la *turbine moderne*.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Il appartenait d'ailleurs à la France — par un destin glorieux — de voir naître sur son sol et réaliser par les conceptions hardies de ses enfants, l'utilisation industrielle des Forces Hydrauliques et encore, comme nous le verrons plus loin, le Transport Electrique de leur énergie, à distance et sous haute tension.

Plus particulièrement, la région des Alpes Dauphinoises a été le berceau des initiatives et le champ d'action des créateurs de l'Industrie Hydromécanique.

N'est-ce point retracer en quelque sorte l'histoire même de ses débuts que de rappeler ici les trois nom d'**Aristide Bergès** (1833-1904), à Lancey ; d'**Alfred Frédet** (1829-1904), à Brignoud, et d'**Amable Matussière** (1828-1901), à Domène ?

D'autres noms encore méritent d'être cités à cet « ordre du jour » rétrospectif de la *Houille Blanche Française,* ceux de cette pléiade d'Ingénieurs et de Constructeurs, qui ont conçu sa technique, et fait monter les conceptions de ses « animateurs » du domaine de l'hypothèse à celui, plus précis et plus sévère, de la réalisation :

	Leur œuvre :
— J. Joanny **Joya,** et notre camarade, son fils Régis **Joya** (E.C. L. 1884) trop tôt disparu.	La Conduite Forcée.
Joseph - Aimé - Hippolyte et Auguste **Bouchayer.**	Les Vannes et ouvrages métalliques de prise d'eau.
— Casimir **Brenier,** les Frères **Bouvier,** les Frères **Neyret.**	La Turbine et son régulateur.
— **Aubry, Dusaugey, Lépine,** Paul **Girod, Delamarche,** Pierre **Docrest.**	Etudes et Constructions Génie civil.

Ce tableau d'honneur serait incomplet — il serait de plus injuste — si nous n'y faisions figurer en bonne place les techniciens français qui ont conçu le *Transport de l'Energie Electrique à distance,* sous Haute Tension, et qui en ont aussi présenté les premières réalisations.

Sans lui, le champ d'utilisation de la Houille Blanche fût resté limité aux possibilités restreintes de la transmission mécanique d'atelier, du four électrique, ou même de l'accouplement énergétique à faible rayon d'action, de la génératrice et du moteur, tous deux à basse tension. Ainsi l'Industrie Hydro-Electrique n'aurait pu — s'évadant de la montagne nourricière — porter au loin ses richesses, alimenter dans nos grandes villes la force motrice, l'éclairage, le chauffage, la traction sur nos voies ferrées de tout ordre, animer les grandes industries de la plaine et les usagers ruraux ; en un mot, jouer son grand rôle de *distributrice* et d'*animatrice,* partout où l'homme vit et travaille.

Nous nous unissons donc à l'hommage universellement rendu par l'Industrie Electrique aux travaux et aux réalisations de :

— Hippolyte **Fontaine** (1833-1910), Ingénieur des Arts et Métiers (de Châlons), auquel on doit la présentation du premier transport de force par dynamos Gramme, à l'Exposition de Vienne, en 1873, et renouvelée à Paris, en 1886.

— Marcel **Desprez** (1843-1918), Ingénieur de l'Ecole Supérieure des Mines, et Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers, bien connu par ses expériences de transport de force à courant continu : en 1882, de Miesbach à Munich (57 km.) — en 1833, sur le circuit : Ateliers des Chemins de fer du Nord, La Chapelle, Le Bourget — en 1883 encore, de Vizille (3.200 volts) à Grenoble (Halle aux Grains, 14 km.) — enfin de Creil (6.300 volts) à Paris (57 km.).

— Lucien **Gaulard** (1850-1888), créateur du Transformateur à Courants Alternatifs, auteur des expériences célèbres du Métropolitain de Londres, et surtout de l'Exposition de Turin, à Lanzo et au delà (1885, tension 2.000 volts, portée de 30, puis de 80 km.).

L'ère des réalisations pratiques de la Houille Blanche a suivi de très près — elle a parfois même précédé sur certains points — la notion progressive de ses possibilités. Les « visionnaires » de la force nouvelle sont en effet, avant tout, des réalistes soucieux de l'utiliser industriellement, de l'appliquer à leurs fabrications.

C'est l'époque « héroïque » où Joya père installe (1863), chez MM. Vicat et Cie, à Uriage, sa première conduite forcée, en tôle de fer, sous 80 m. de pression, — où Matussière crée (1866), dans les gorges de Domène, une chute de 30 m. portée plus tard à 150 m., — où Bergès, que Matussière a appelé en Dauphiné pour monter des défibreurs hydrauliques de son invention, aménage sa première chute de 200 m. (1869) sur le torrent de Lancey, — où Frédet équipe la chute de ses Papeteries de Brignoud, etc...

La démonstration du principe est faite, l'élan est donné.

Pendant les vingt années qui suivent, — tandis que Bergès, Matussière et Frédet abordent la haute chute et aménagent les domaines de houille blanche qu'ils se sont assurés — les applications de celle-ci s'étendent peu à peu, à un rythme d'ailleurs prudent, dans les Alpes et le Jura, à la base des Pyrénées, à l'étranger aussi.

Les *Electrochimistes* et *Electrométallurgistes,* les « carburiers » en tête, apparaissent ensuite, attirés vers la montagne, par l'abondance et le bas prix de l'énergie fournie par la Houille Blanche.

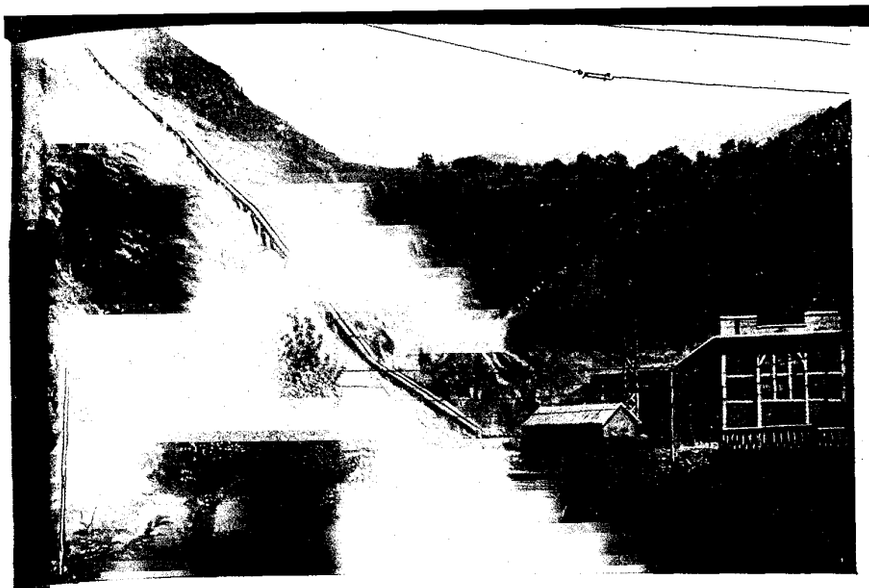
Vieilhomme — le père de l'Aluminium Français — s'installe à *Froges,* vers 1888 ; Corbin, à *Chedde,* vers 1895 et la même année la Société des Carbures Métalliques, à *Notre-Dame de Briançon ;* en 1889, la Société d'Electrochimie, à Saint-Michel-de-Maurienne, et Paul Girod, à *Venthon,* près d'Albertville, chez M. Aubry, — Coutagne à « *La Volta* », près de Moûtiers (Savoie), en 1900.

Enfin, la notion du *Transport à distance de l'Energie Electrique* et de ses possibilités, commence à s'imposer aux milieux économiques ; des audacieux conçoivent que, par lui, les richesses de la Houille Blanche pourraient ne plus rester cantonnées au pied de la haute montagne,

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon



Ci-contre :

Usine de St-Guillaume
des Forces Motrices de la Haute-Romanche

Ci-dessous :

Barrage des Roberts sur la Romanche

mais s'épandre au loin, vers les grandes agglomérations urbaines et les industries capitales, leur apporter, par la ligne à haute tension et le transformateur, la lumière, la force et le chauffage.

Déjà Bergès a créé (1897) le premier transport monophasé, à 10.000 volts, qui — de Lancey — assure l'éclairage électrique de la vallée du Graisivaudan.

En 1898, M.-E. Dusaugey — (un des grands noms, aussi, de la Houille Blanche) — à qui on doit encore la récente et magnifique réalisation de l'aménagement du Drac supérieur et chute du Sautet — met au point le *premier transport d'énergie à courant triphasé, 15.000 volts, entre Engins et Grenoble, Voiron, Moirans.*

L'année 1899 voit la mise en exploitation de l'Usine Génératrice de Champs-sur-Drac (avec une conduite en béton armé de 3.300 de diamètre, due à M. Delamarche), et du réseau triphasé à 15.000 et 26.000 volts de la Société Hydro-Electrique de Fures et Morges; l'ensemble, œuvre de M. Lépine.

Désormais, la période des débuts et des tâtonnements de la Houille Blanche est close. L'ère de la grande industrie hydro-électrique va s'ouvrir.

2° PERIODE D'AVANT-GUERRE : 1900-1914

La période qui s'étend de l'année 1900 à « la Guerre » est caractérisée par les deux faits parallèles :

— du développement continu des réalisations en nombre et en importance;

— du progrès constant de la technique, qui s'efforce de s'adapter à ce développement; souvent elle précède; parfois même elle le guide.

Une des notions premières qui s'est imposée à l'esprit des réalisateurs de la Houille Blanche est celle de la valeur et de l'intérêt de la « *Haute Chute* ».

Bergès en a donné l'exemple sur ses torrents de Lancey, par sa chute du « *Mas Julien* », de 500 m. de hauteur, mise en service en février 1882, et par celle de *Saint-Mury*, en 1891.

Il est suivi dans cette voie :

	Hauteurs de chute
— en 1906, par la Société des **Forces Motrices du Haut-Graisivaudan**, Usine du Cernon.....	650 m.
— en 1908, par M. **Aubry** : Chute du Glandon, près d'Albertville ; et par la Société **Hydro-Electrique de l'Eau d'Olle,** dans les Alpes Dauphinoises..	300 m. 360 m.
— en 1909, par la Société Alioth, à **l'Usine de l'Hospitalet,** dans les Pyrénées.....	400 m.
— en 1911, par la Société **Davey-Bickford-Smith,** à la Corbière, près d'Epierre (Savoie).....	720 m.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

et par la Société d'**Electrochimie de Bozel**	550 m.
— en 1913, par la **Compagnie des Chemins de Fer du Midi,** à Eget	750 m.

La prospection de la haute montagne amène fatalement les pionniers de la Houille Blanche à la notion de *l'utilisation des Lacs* qu'elle recèle, comme régulateurs des débits qu'ils utilisent, et par suite de l'Energie Electrique produite par leurs usines.

Là encore, l'exemple vient de Bergès. Dès 1897, il a percé le Lac Crozet (altitude 1.968 m.) et aménagé dans sa cuvette une tranche de réserve de 1.000.000 de mètres cubes. En 1904, M. Aubry réalise le premier aménagement du Lac de la Girotte, dans le bassin du Doron de Beaufort.

En 1907, M. Lépine — prolongeant les travaux antérieurs de l'Hydro-Electrique de Vizille (Pont de Loula, 1902) — amène à son Usine de Jouchy (vallée de la Romanche) les eaux des Lacs de Laffrey, sous 570 m. de chute.

L'année 1908 voit cette technique nouvelle s'étendre aux Pyrénées, par le début des travaux d'aménagement du Lac d'Orlu, sous 400 m. de chute; elle y est depuis devenue classique, en raison de la fréquence dans cette chaîne, des retenues naturelles à haute altitude.

A l'autre bout de l'échelle du relief utilisé par les forces hydroélectriques, apparaît l'*Usine sous Basse Chute*.

Aux portes mêmes de Lyon, M. Raclet nous en donne, dès 1901, une des premières et des plus importantes démonstrations: l'Usine de Jonage (chute variable de 11 à 13 mètres, débit de 100 à 150 m³, puissance installée, 20.000 CV); M. Thaller vient de rééquiper cette Usine d'après les méthodes les plus modernes, et d'accroître sensiblement sa puissance.

A citer encore, durant la même période, la réalisation:

— de l'Usine d'Avignonnet, sur le Drac, par la Société Générale de Force et Lumière, 1905, h.: 23 m.).

— de l'Usine de la Société des Forces du Fier, près d'Annecy, 1906, h.: 14 m.).

— de l'Usine de la Brillanne, sur la Durance, par la Société « Energie du Littoral Méditerranéen, 1907, h.: 25 m.

— de l'Usine de Tuilière (1908), sur la Dordogne, à l'amont de Bergerac (chute de 10 à 12 m., puissance: 25.000 CV).

Mais déjà se fait jour, dans l'esprit des techniciens, la notion de l'intérêt du « *Barrage-Réservoir* de *grande capacité,* créé artificiellement en tête de la chute.

Au temps « héroïque » des débuts de la Houille Blanche, ses initiateurs n'ont conçu, en général, sa mise en œuvre que sous la forme de l'utilisation des débits « au fil de l'eau »; leurs industries travaillaient à plein durant la période annuelle des hautes et moyennes eaux, et stockaient les produits fabriqués: pâte à papier, papiers, carbure de calcium, ferro-alliage, etc...

Maintenant, le transport de l'Energie à distance, et la distribution de l'électricité dans les grands centres de consommation, leur posent et à leurs successeurs, un problème de jour en jour plus impérieux et plus ardu.

L'appel des besoins d'Eclairage et de Force motrice varie en effet suivant la saison, et chaque jour, suivant l'heure. D'autre part, les débits d'eau qu'ils utilisent sur leurs chutes varient eux-mêmes avec la saison et le climat, souvent en sens inverse des premiers.

Le « Barrage-Réservoir » de grande capacité, va leur permettre de mieux utiliser les apports du bassin versant, d'ajuster — en totalité ou partiellement — leurs disponibilités aux besoins à satisfaire. Ainsi s'explique l'orientation progressive de l'industrie Hydro-Electrique vers ce type d'aménagement; désormais, elle s'efforcera d'emmagasiner, non plus le produit immédiat d'une fabrication, mais bien le *potentiel* de ses réservoirs d'eau, là tout au moins où cette accumulation est possible, dans l'espace et dans le temps.

Les premières réalisations ont vu le jour en bordure du Massif Central, où le concours des conditions géophysiques et climatiques est particulièrement favorable à ce type d'aménagement.

C'est d'abord, de 1902 à 1904, la construction du Barrage de la Sioule (affluent de l'Allier), œuvre de la Compagnie du Gaz de Clermont-Ferrand. Hauteur du barrage: 32 m.; retenue de 5.000.000 m³; puissance totale installée: 14.000 CV.

La même Compagnie commence vers 1913, la construction du barrage des Fades, sur le même

Construction du Siphon de la Durance

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

cours d'eau, et à l'amont du précédent : hauteur de chute : 33 m. ; puissance équipée : 12.000 CV.

Parallèlement, de 1907 à 1911, l'Energie Electrique du Centre aménage, sur le Cher, à Teillet-Argenty, le barrage-réservoir de Rochelat, avec une hauteur de 43 m. et une retenue de 25 millions de mètres cubes ; puissance installée de 15.000 CV pour l'alimentation de Montluçon et de Commentry.

Enfin, vers 1912, un barrage de 17 m. était tendu sur l'Agoût, à Luzières, permettant d'obtenir une puissance de 5.000 CV, destinée à la région de Béziers.

⁂

Cette extension méthodique des objectifs et des réalisations de l'industrie Electrique Française, au cours de la période qui a précédé la guerre, n'a été possible, et n'est devenue féconde, que par l'adhésion progressive à ses hardiesses de la confiance du Capital et de celle des constructeurs ; l'une et l'autre ont apporté à la Houille Blanche les moyens d'exécution.

La confiance des *capitaux* a été toutefois longue à éveiller. L'industrie nouvelle semblait alors si mystérieuse et soumise à tant d'aléas, elle heurtait de telle sorte les idées de l'époque en matière d'assiette de la richesse et de base de son rapport, elle avait si peu l'oreille des directeurs de conscience de l'Economie Nationale, et en particulier des grands organismes bancaires, que le financement des débuts de la Houille Blanche peut être considéré maintenant comme un tour de force, comme un acte de foi héroïque, du reste durement payé par ses initiateurs.

Pourtant, sous l'impulsion de la force vive surgie de leur labeur, à la lumière aussi des résultats obtenus, l'opinion publique s'émut et comprit, entraînant peu à peu l'adhésion, d'abord timide, des maîtres du crédit.

Il convient de rappeler, à ce point de vue, le magnifique exemple donné, tout d'abord par les Banques Dauphinoises, d'ailleurs à pied-d'œuvre, ensuite par l'Economie Lyonnaise ; celle-ci acquit vite la notion des possibilités de développement apportées à son industrie principale — la Soierie — par l'apport de la force électrique dans les ateliers familiaux et les tissages du Centre et du Nord du Dauphiné.

En définitive, à la veille de la guerre, l'Industrie Hydro-Electrique avait conquis en France la confiance publique et obtenait du crédit les moyens financiers nécessaires à son développement.

La confiance des « *Constructeurs* » est venue plus vite. Dès le début — ou presque — ils se sont intéressés au champ d'action de jour en jour plus vaste que leur offrait l'industrie nouvelle.

C'est à leur collaboration active, et souvent presciente, qu'elle doit d'avoir trouvé le matériel adéquat aux problèmes posés, tous les moyens d'exécution d'une technique inlassablement orientée vers la mise en œuvre de puissances plus importantes, vers l'emploi de tensions plus élevées, vers le transport de l'énergie à des distances toujours croissantes.

Une autre ancêtre :

Usine d'Engins de la Société de Grenoble-Voiron

L'étude détaillée de cette collaboration dépasse les limites attribuées à ce simple rappel de l'évolution suivie par l'Industrie Hydro-Electrique Française. Il me suffira de noter au passage pour cette période de 1900 à 1914 quelques faits principaux :

Les grands travaux de Génie Civil : prises d'eau, murs de barrages-réservoirs avec leurs fondations souvent exécutées à l'air comprimé, grandes vannes implantées en rivières, déversoirs, canaux d'évacuation des crues, de vidange ou de fuite. Les conduites en tôle de fer au début, ensuite en acier, d'abord rivé, puis soudé-forgé, et l'active concurrence du béton armé pour les faibles pressions et les grands diamètres.

Le Groupe Electrogène, à axe vertical ou horizontal ; sa masse s'accroît en fonction de la puissance de la tension mises en jeu ; la roue Girard y fait place à la turbine Francis et à la roue Petton, à augets, pour les hautes chutes ; l'alternateur, directement accouplé, s'adapte aux vitesses nouvelles, aux tensions élevées, et commence à être spécialement ventilé.

Le Transformateur à l'air libre ou isolé à l'huile, avec refroidissement naturel ou forcé, atteint sous un volume réduit, des puissances, des tensions et des rendements insoupçonnés par Lucien Gaulard.

La Ligne de Transport et de Distribution s'élève peu à peu du poteau bois au poteau en ciment armé et au pylône métallique, de l'isolateur télégraphique d'abord au type massif à plusieurs jupes, et ensuite au modèle à cloches multiples assemblées ; du parafoudre à cornes aux dispositifs à intervalles successifs et aux limiteurs de tensions, etc...

L'appareillage des tableaux et des postes, les instruments de contrôle, les foyers lumineux, les moteurs suivent le même progrès. La lampe à filament de carbure fait place à la lampe à filaments métalliques, puis à atmosphère gazeu-

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

se; l'interrupteur dans l'air et à main, au type à rupture dans l'huile; le coupe-circuit haute tension à simple fil , à l'automatique à relais. Le moteur triphasé asynchrone se généralise, s'adapte à tous les besoins entre le 1/10e de cheval et des puissances unitaires inattendues. La *commutatrice* et le *moteur synchrone* passent du laboratoire aux applications industrielles de grande puissance.

Dès 1905, le « *Transport de Force* » commence à étendre ses lignes dans la plaine, vers les centres urbains et industriels les plus proches de la montagne: Lyon, Saint-Etienne, Marseille, Nice, Toulouse, vers les régions de Bayonne, Biarritz, de Perpignan, Carcassonne, de Montluçon, Commentry, etc...

La tension s'élève au fur et à mesure de l'allongement des distances et de l'accroissement des puissances transportées. Dès cette époque, nous sommes loin des 15.000 volts d'Engins à Voiron. La tension de 60.000 volts et la puissance de 10.00 à 15.000 kilowatts deviennent bientôt courantes. Vers 1913, les techniciens commençaient à envisager des transports de 30.000 à 50.000 kilowatts, sous des tensions de 90.000 à 120.000 et 150.000 volts.

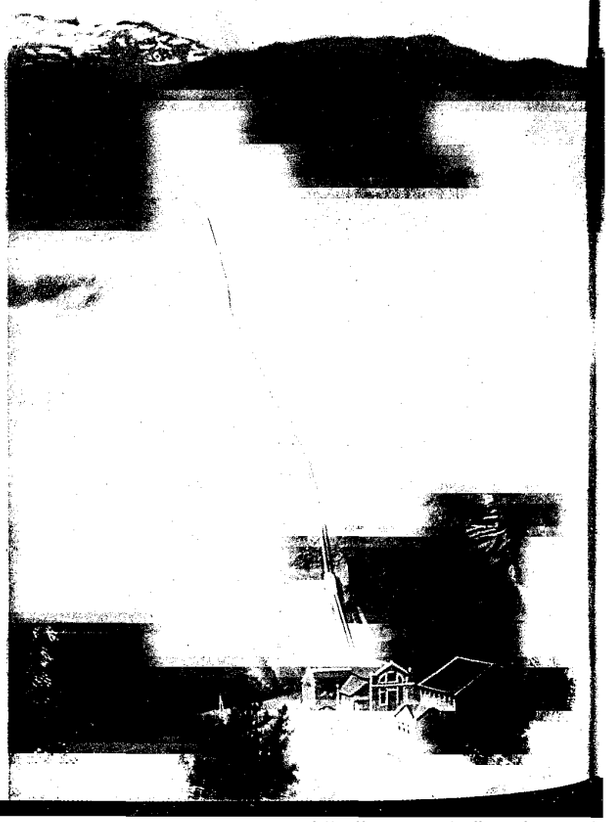
Ces réalisations ont encore, à vrai dire, un caractère individualiste. Chacune des Sociétés qui implantent et exploitent ces réseaux à haute tension, s'efforce de se constituer un domaine propre où elle vise à l'exclusivité de l'apport et de la vente de l'énergie électrique, ou encore de l'alimentation des distributeurs déjà installés.

Mais avec le temps et par la force des choses, des ententes s'ébauchent, des échanges s'instituent même, entre les plus favorisés et les moins favorisés au point de vue du régime des chutes qu'ils utilisent; la notion de la solidarité et de l'intérêt professionnel se fait jour peu à peu.

Parallèlement au progrès du transport de l'énergie à distance les *utilisations locales* de la Houille Blanche sont également en plein développement, en particulier les *Industries Electrotechniques et Electrométallurgiques*.

Le premier groupe porte son activité sur la production du carbure de calcium et de la cyonamide, de la soude, des chlorates, etc...; le second sur celle des ferro-alliages, et bientôt de l'acier, au four électrique. Je citerai notamment en m'excusant d'oublis certes involontaires:

	Période	Puissance installée
L'Usine de Livet, de la Société Electrométallurgique de la Romanche, devenue plus tard « Société Keller-Leleu ».	1900 à 1908	15.000 CV
La Compagnie Universelle d'Acétylène avec ses usines des Clavaux, et des Roberts, sur la Romanche.	1904 à 1914	18.000 CV
La Société Electrométallurgique Française, le créateur, et le plus puissant organisme de l'industrie nationale de l'Aluminium, et ses réalisations successives: de Saint-Jean-de-Maurienne, de la Bessée-l'Argentière (une de nos photographies représente le curieux syphon de la Bessée, œuvre des Etablissements Joya) et d'Arreau, dans les Pyrénées.	1904 à 1913	110.000 CV
La Société d'Electrochimie de Bozel, usine de Champagny.	1911 à 1913	12.000 CV
La Société des Produits Chimiques et Electrométallurgiques des Pyrénées, avec ses usines d'Auzat et extensions.	1907 à 1914	22.000 CV
Enfin le début de la grande œuvre réalisée par M. Paul **Girod,** dans les Savoies, par l'aménagement successif et le groupement des chutes du bassin du Doron et du versant Sud du massif du Mont-Blanc, pour l'alimentation de ses *Aciéries d'Ugine:* chutes de l'Arly, de Venthou, du Fayet, du Bonnant, des Rateaux.	1904 à 1913	60.000 CV



Conduites de Viclaire, Société de la Haute-Isère
(Réalisation récente)

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

La même période de 1900 à 1914 voit aussi s'étendre l'application de l'énergie électro-électrique à la *Traction sur les voies ferrées:* tout d'abord aux tramways urbains et aux chemins de fer régionaux, et à la veille de la guerre à une première section d'un des grands réseaux d'intérêt général.

Dès 1901, la Compagnie P.-L.-M. alimente par son usine de Servoz, sur l'Arves, sa ligne électrifiée du Fayet à Chamonix.

Viennent ensuite, dans la période de 1901 à 1903: les tramways de Grenoble, les Voies ferrées du Dauphiné, le tramway de Grenoble à Chapareillan, le chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure (1905) et successivement les tramways de Lyon, de Marseille, de Clermont-Ferrand, du Littoral Méditerranéen (de Cannes à Nice), les tramways de Tarbes, de Bayonne, de Perpignan, de Toulouse, en bordure du massif des Pyrénées, etc...

Enfin la Compagnie des Chemins de Fer du Midi dont la grande ligne en bordure des Pyrénées et ses embranchements, ont des profils en long particulièrement ardus, en prépare l'électrification — vers 1913 — par son usine d'Eget.

*
**

Ce développement continu des réalisations et des débouchés de l'industrie hydro-électrique lui a fourni peu à peu les éléments d'une *doctrine* née de l'analyse des faits; il lui a apporté aussi les premiers avantages et imposé les premières obligations d'un *statut:* administratif, juridique et social.

Tout d'abord est apparue la nécessité de bien connaître les conditions géographiques, climatologiques, hydrologiques, du bassin versant à une chute et de l'utilisation optima de ses débits, de fixer des règles pour leur mesure et leur classement. Il importait aussi d'instituer, à la lumière de l'expérience, une méthode rationnelle, susceptible de guider le technicien à travers un problème très complexe: choix et tracé des zones d'altitude, connaissance de leurs réserves glaciaires et lacustres, et de leurs réceptions nivo-pluviales, étude de la nature et de la configuration des terrains, sur lesquels il devra situer ses ouvrages, installer son matériel, et implanter ses lignes, etc...

Il convenait, en outre, de dresser un inventaire, d'ailleurs perfectible avec le progrès de cette technique, des richesses hydrauliques de la France, et, en prévision de l'avenir, dont nul ne soupçonnait alors la prochaine et tragique occurrence de tracer les grandes lignes de son aménagement progressif.

Cette œuvre, de longue haleine, où souvent l'intuition a ouvert la voie à l'objectivité, les grands pionniers de la Houille Blanche, en ont été, en ordre dispersé, les premiers artisans.

Mais bientôt l'esprit de collaboration et d'association inspiré des difficultés communes, est venu grouper leurs efforts sur le terrain de l'amélioration de la technique et de la défense de leurs intérêts.

Ainsi est né à Grenoble, le 15 janvier 1901, le « Syndicat des Propriétaires et Industriels possédant ou exploitant des Forces Hydrauliques », devenu plus tard la « *Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques, de l'Electrométallurgie et de l'Electrochimie* » dont les noms de Noël Pinat, d'Aubry, du grand juriste Paul Bougault (notre ancien professeur de l'Ecole Centrale Lyonnaise), de Gabriel Cordier et de tant d'autres, illustrent la longue histoire. La France doit à cet organisme vivant, à son labeur inlassable, à sa notion précise des intérêts professionnels, tempérée par le souci de l'intérêt général, le magnifique développement de son industrie hydro-électrique et la place prépondérante qu'elle a conquise dans l'Economie Nationale.

Le problème des fondations
Barrage sur le Fier — Equipement par pompe et déroctage

Nous ne saurions oublier, non plus, cette lignée de hauts fonctionnaires des Pont et Chaussées, qui — chargés du contrôle de l'industrie nouvelle — ont apporté à son organisation et à son progrès le concours le plus actif et le plus éclairé; les noms respectés des Inspecteurs Généraux R. de la Brosse et R. Tavernier, en sont les prototypes.

La première manifestation publique de l'activité du Syndicat des Forces Hydrauliques fut le *Congrès de la Houille Blanche,* tenu à Grenoble en automne 1902 et placé comme le rappelle M. Dusaugey (« Souvenirs de l'époque héroïque de l'Electricité au pays de la Houille Blanche ») « sous le signe de l'édelweiss, la fleur inacessible des glaciers ».

Depuis lors, animées par le même souffle, ces assises se succèdent périodiquement; chacune

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

tivière de l'Arly — Conduites fournissant la force aux aciéries d'Ugine

d'elles apporte à l'industrie hydro-électrique le bilan des progrès obtenus, le cahier des réformes à poursuivre, le programme des efforts nouveaux à réaliser.

Un autre problème s'est posé encore, dès l'origine; celui de la formation d'un personnel technique, susceptible d'assurer l'aménagement des forces hydrauliques, la construction et l'exploitation des usines génératrices, des lignes de transport et réseaux de distribution, la mise en œuvre des applications si diverses de l'énergie électrique.

Il appartenait à la Ville de Grenoble — capitale de la Houille Blanche — de faire le premier geste; dès l'hiver 1892 elle organisait un Cours Municipal d'Electricité Industrielle, confié au Professeur Janet, et qui eut le plus vif succès. Avec l'aide et le patronage de l'Université, et de divers organismes régionaux, il a donné naissance à l'**Institut Electrotechnique de Grenoble.**

Sous l'impulsion de M. Pionchon, puis de M. L. Barbillion, qui en assura la direction durant trente année, il a conquis une place prépondérante à la tête de l'enseignement technique spécialisé aux applications de la Houille Blanche et de l'Electricité.

Rappelons que, de la même époque, date l'organisation à l'Ecole Centrale Lyonnaise de la série des cours orientés vers le même objet.

Enfin, en 1912, sous les auspices de la Chambre Syndicale fut créée la Société Hydrotechnique de France, dont les laboratoires et les travaux ont si largement contribué aussi au progrès de la Houille Blanche.

Le développement continu de l'industrie hydro-électrique ne pouvait laisser indifférent ni l'Etat, ni le pouvoir législatif.

L'un et l'autre comprirent vite quelle source de richesses elle apportait à la nation, et aussi l'importance des recettes qu'elle assurerait au fisc.

De leur côté, les créateurs de chutes, les transporteurs d'énergie, les distributeurs de courant, se heurtèrent rapidement — au rythme même de leurs succès — à de multiples difficultés, nées du régime administratif et de la législation au milieu desquels leur initiative et leurs réalisations ont surgi brusquement, et qui cadraient mal avec leurs besoins, avec leur mentalité aussi.

Ce désaccord entre les besoins et l'esprit de l'industrie nouvelle, et les institutions et coutumes de l'époque, a été longtemps exploité par certains au profit d'exigences qui n'avaient qu'un rapport lointain avec l'intérêt général. Malgré le temps écoulé, le souvenir n'est pas encore entièrement perdu des « barreurs et des pisteurs » de chutes, des malins qui savaient acheter, à bas prix, et à point nommé, tel antique moulin, depuis longtemps hors de service, et ses « droits d'eau », telle riveraineté indispensable. ou encore des municipalités qui se réfugiaient derrière leur minorité administrative pour interdire la livraison, hors de la commune, de l'énergie créée, qui se servaient de leurs pouvoirs de voirie, parfois même de police, pour refuser le passage de ses lignes à un concurrent de leur régie ou de leur concessionnaire.

Ainsi les réalisateurs de la Force hydraulique, du Transport de force, et de la Distribution de l'électricité, furent vite amenés à appeler l'Etat à leur secours, à solliciter un statut légal, leur permettant de faire vivre et de développer leurs industries.

Les « Electriciens » furent les premiers servis, sans doute parce que leur activité s'étendait à l'ensemble du pays, et touchait, en toute région, le maximum d'intérêts économiques, sinon électoraux.

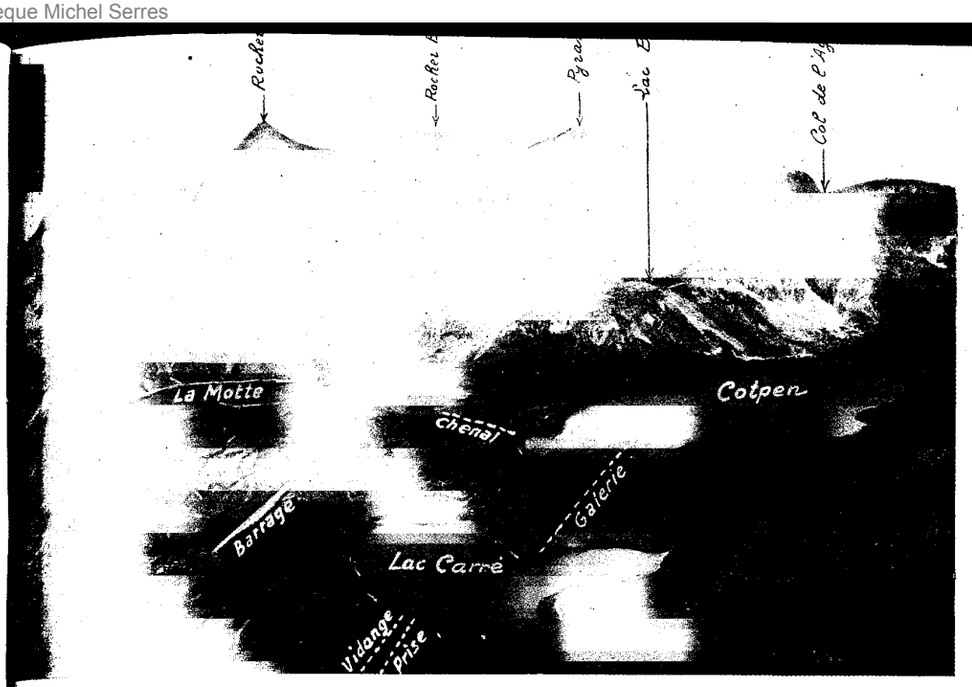
La loi du 16 juin 1906 a classé objectivement les distributions d'énergie électrique; elle a mis fin à un régime d'improvisations et de contradictions en fixant des règles administratives, précises, soit pour celles maintenues sous le régime de la permission de voirie, soit pour celles susceptibles de faire l'objet d'une concession, et soumise par suite à des obligations spéciales; elle a institué une procédure pour les demandes d'autorisations et de concession, une tarification des redevances, restreint ou même supprimé certaines servitudes; elle a créé enfin un Comité consultatif de l'électricité, formé de représentants de l'Etat et des intérêts professionnels des industries électriques.

Le décret du 16 octobre 1907 est venu ensuite organiser le service du Contrôle. L'arrêté interprétatif du 21 mars 1908 a apporté un dispositif pratique pour l'application des dispositions précédentes.

Les « hydrauliciens » furent momentanément, moins heureux dans leurs revendications. Malgré

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



LES SEPT LAUX

Plan d'aménagement
par la Société Générale
Force et Lumière

leur organisation, leurs campagnes, leurs Congrès — dont en premier lieu celui de 1902 — en dépit des efforts des Noël Pinat, des Florent Guillain, des Paul Bougault, et de tant d'autres, ce n'est que beaucoup plus tard — 17 ans après — qu'ils obtiendront satisfaction, au lendemain de la conflagration générale qui va surgir et qui a mis en évidence, par les services rendus, l'intérêt supérieur de la Houille Blanche et de ses réalisations.

Nous arrivons ainsi à la fin de la première période du développement de l'industrie hydro-électrique française 1910-1914.

Un regard jeté rapidement sur le passé et quelques chiffres vont nous montrer le chemin parcouru.

1882. — Une statistique administrative fixait aux environs de 58.000 CV la puissance hydraulique mise en œuvre dans les quatre départements Alpins de la Haute-Savoie, la Savoie, l'Isère, les Hautes-Alpes.

1902. — Dix ans après, au Congrès de Grenoble, on pouvait articuler déjà le chiffre de 200.000 CV.

1904. — Deux ans plus tard, M. l'Ingénieur en Chef De La Brosse indiquait au Congrès de Grenoble de l'Association Française pour l'avancement des Sciences, et pour l'ensemble des Forces Hydrauliques Françaises, susceptibles d'un aménagement industriel, une puissance d'étiage de *4.600.000 CV* et une puissance moyenne de *9.000.000* à *10.000.000 CV*.

1908. — Confirmation de ces valeurs probables par l'Annuaire de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques.

Pour **1914** enfin, à la veille de la guerre, une étude ultérieure de M. Tribot-Laspière (Génie Civil d'octobre 1918), évaluait à *750.000 CV* la puissance hydro-électrique installée.

3° PERIODE DE GUERRE : 1914-1918

La « guerre mondiale » a été pour l'industrie hydro-électrique française, l'occasion d'un magnifique effort.

Au lendemain de la désorganisation consécutive à la mobilisation générale, après que le miracle de la Marne eut brisé l'offensive foudroyante de l'ennemi, ceux des dirigeants et du personnel de la Houille Blanche et de l'Electricité, qui sont restés à l'arrière, se ressaisissent; leur œuvre va apporter à la préparation de la victoire une contribution efficace et dévouée.

On manque d'argent; on manque d'homme, d'outillage, de matériaux. Les grandes régions industrielles du Nord et de l'Est, aux mains de l'ennemi, sont en proie à ses ravages systématiques, à son pillage éhonté. La France n'a plus de charbon, ou presque; les moyens de production de ses industries capitales: métallurgie, produits chimiques, textiles, sont réduits à l'extrême.

Et pourtant, il faut fournir au combattant, sur le front, des armes, des munitions, des vivres, tout ce qui conditionne matériellement, et surtout moralement, son héroïsme, sa volonté de vaincre quand même.

Tout autre peuple que le Français se décourage rait, pourrait descendre aux capitulations ultimes, à la défaite avouée et consentie.

Mais, par l' « union », par cet instinct sauveur dont Gambetta a dit qu'il donne au monde à certaines heures, la leçon de « ce que peut un peuple qui ne veut pas mourir », la France se redresse.

Sans doute, dans ce sursaut, et dans l'effort qui le suit, et qui la mènera à la victoire, la Houille Blanche, et ceux de ses hommes restés à l'arrière, ne joueront — et ne prétendaient jouer — qu'un rôle de second ordre.

Mais ce rôle, ils l'ont tenu pleinement; durant les quatre années de la guerre, ils ont donné toutes leurs forces, et bien au delà de ce qu'on semblait pouvoir attendre de leur œuvre antérieure, et des ressources de leur activité.

Premier réflexe ? *l'intensification immédiate,* et jusqu'à la limite des possibilités, de leurs moyens existants de production d'énergie hydro-électrique.

Partout où ils le pouvaient, en cette période de limitation et de réduction, par des développements hâtifs d'outillage, par le surmenage d'un personnel raréfié, par des prolongements de li-

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

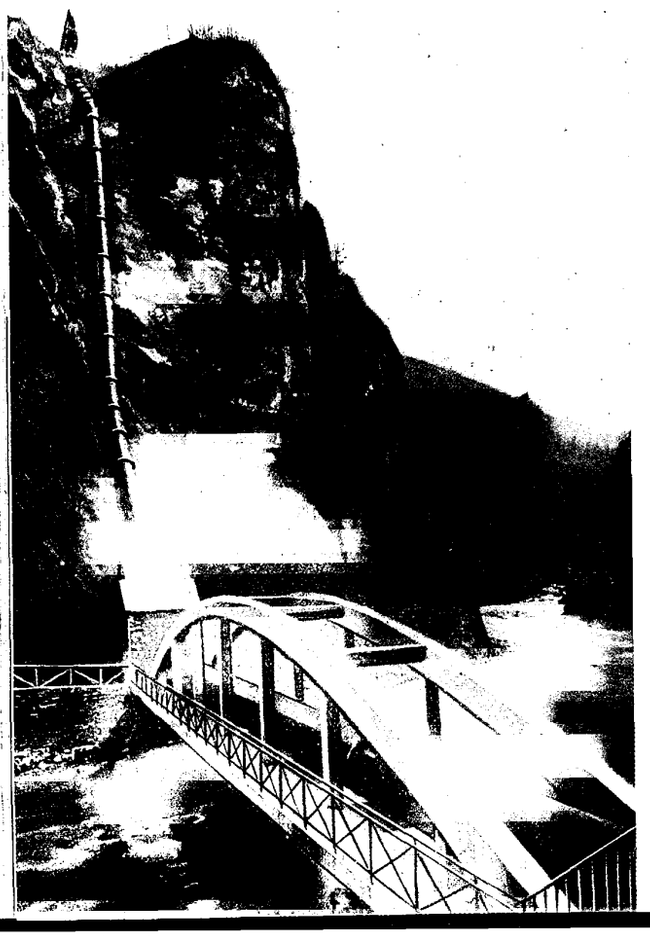
gnes improvisées, ils ont apporté aux industries de la défense nationale, dans une mesure inattendue, la force motrice, l'éclairage, le chauffage, leur permettant ainsi de s'adapter aux besoins impérieux de l'heure, de pousser au maximum le rendement des fabrications d'armements, d'explosifs, de métaux, de textiles, etc...

Immédiatement aussi, les mêmes hommes — malgré la pénurie de capitaux, de matériel, de techniciens pour leurs études, d'agents de maîtrise pour leurs travaux et leurs exploitations — ont entrepris une grande œuvre *d'aménagement de chutes nouvelles.*

La liste suivante — d'ailleurs très incomplète — donne la mesure de l'activité de leurs « *mises en chantier* » :

	Hauteur de chute	Puissance installée
a) *Région des Alpes.*		
1914. Société Hydro-Electrique de Tencin (Isère)..	300 m.	3.000 CV
Société d'Electrochimie de Bozel (Savoie).....	260 m.	6.000 CV
1915. Chute d'Argentine, Savoie (M. Grange).....	247 m.	2.000 CV
Société de Force et Lumière. Aménagement des « Sept-Laux » et de l'usine génératrice de Fond de France.	1.032 m.	8.000 CV
1916. Société Hydro-Electrique de Villeneuve-d'Aoste (Italie).	330 m.	15.000 CV
Société de Saint-Gobain, chute d'Avrieux (Savoie).....	100 m.	22.500 CV
Société Keller-Leleux, chute des Vernes.....	20 m.	7.000 CV
Société Hydro-Electrique de Laval (près Lancey)	300 m.	3.500 CV
1917. Société des Usines Renault, chute de La Neuvache	752 m	16.000 CV
Société Universelle d'Explosifs, chute de l'Ayasse (Italie).....	770 m.	9.000 CV
Société Electrique de la Basse-Isère, chute de Beaumont-Monteux.....	10 m. 60	45.000 CV
Aciéries Electriques Paul Girod, chute des Rœntgers.....	74 m.	6.000 CV
Société Keller-Leleux, chute du Baton, près Livet	1.045 m.	7.000 CV
Société Electrométallurgique de Saint-Béron, chute de Chailles (Savoie)....	89 m.	10.000 CV
1918. Aciéries Electriques Paul Girod, chute du Doron-de-Belleville....	502 m.	10.000 CV
Chute de Doron-de-Beaufort.....	275 m.	10.000 CV
b) *Région des Pyrénées.*		
1917. Défense Nationale, par Société des Produits Azotés. Chute de Bordères	165 m.	8.000 CV
Chute de Loudenvielle.....	235 m.	8.000 CV
Société Pyrénéenne d'Energie Electrique. Chute de la Pigue-Supérieure..	216 m.	4.000 CV
Chute de la Pigue-Inférieure...	164 m.	3.000 CV
Chute du Lac d'Oo.....	790 m.	30.000 CV

Conduites du « Bout du Monde »
de la Société des Hauts Fourneaux et Forges d'Allevard



http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

1918. Société Electro-Métal, à Toulouse, puis « Force et Lumière des Pyrénées », chute du Gripp (Adour)..	158 m.	4.000 CV
c) *Région du Massif-Central.*		
1916. Forces Motrices de l'Agoût, chute de Luzières	116 m.	27.500 CV
1918. Aciéries et Forges de Firminy. Chute du Bès..	140 m.	13.500 CV
Chute de Saint-Chely-d'Apcher.	15 m.	
Aménagement de la Cère.....	33 m. 50	
Manufacture Nationale d'Armes de Tulle, chute du Bar.....	272 m.	8.000 CV

On peut admettre que, pour la moitié au moins, la puissance hydraulique ainsi mise en jeu a pu intervenir utilement, sous des modalités diverses, au profit de la Défense Nationale.

Parallèlement à l'œuvre des « constructeurs », les *utilisations directes* de l'énergie hydro-électrique ont apporté à cette dernière, une large contribution.

Dans le groupe des *Electrochimistes,* rappelons :

Chlorates et dérivés : la Société des Usines de l'Arve, à Chedde ;

Soude et dérivés : la Société de Saint-Gobain ;

Acide nitrique et dérivés : la Société des Produits Azotés ;

Chlore et produits chlorés : l'Usine de La Corbière ; la Société « Progil », à Pont-de-Claix et aux Roches-de-Condrieu (hypérite) ; l'Usine de Boussens (Haute-Garonne) ;

Carbure de calcium et cyanamide : La Compagnie Universelle d'Acétylène ; les Usines de Maurienne, de Tarentaise, du Briançonnais, de la Société Alais, Froges et Camague ; l'Usine de Brignoud, l'Electrochimie de Bozel, etc...

Le groupe des *Electrométallurgistes* ne fut pas moins actif :

Aluminium : Société d'Alais, Froges et Camargue ; Société d'Electrochimie et d'Electrométallurgie ; Société de l'Aluminium du Sud-Ouest ;

Ferro-Alliages : Société des Aciéries Paul Girod (Savoie) ; Société d'Electrométallurgie de Bozel ; Usines Rochette Frères, en Savoie ;

Société des Forges d'Allevard ; Société d'Electrométallurgie des Pyrénées ;

Aciers Electriques : Société des Aciéries Paul Girod, en Savoie ; Aciéries Holzer, à Unieux (Loire) ; Aciéries de Firminy ; Etablissements Keller-Leleux.

D'ailleurs, sous la poussée des besoins, des *applications nouvelles* se font jour.

A Livet, sur la Romanche, M. Ch.-A. Keller s'efforce de suppléer à l'insuffisance de nos hauts-fourneaux, par la fabrication des « fontes synthétiques », en partant des tournures.

A Vongy, au bord du lac Léman, la Société des Produits Chimiques Coignet produit du phosphore au four électrique, en partant des phosphates.

Au pied des hautes chutes — à Epierre et au Cernon notamment — la pression hydraulique emboutit des obus.

A Brignoud, aux Usines Frédet, un ami cher, **Paul Bergeon,** remplace le charbon nécessaire à la production de la vapeur, par deux chaudières électriques de 4.000 kilowatts, sous la tension directe de 6.500 volts.

Durant les quatre années de la guerre, le *transport de l'énergie* à distance, en dehors de quelques prolongements ou improvisations, ne fait pas de progrès notables, l'œuvre législative est au point mort, l'enseignement technique vit et continue à former des spécialistes, mais au ralenti.

Toutes les forces vives de l'industrie hydro-électrique sont en effet tendues vers les productions nécessaires à la Défense Nationale, en attente de la victoire qu'on sent proche et qui, elle, restituera à notre pays la liberté de ses actes et le souci du progrès.

Toutefois, de cette longue épreuve il restera dans l'opinion française — avec la notion des réalisations effectuées, ou en cours, et des résultats acquis — une confiance désormais illimitée dans l'avenir de l'Industrie Hydro-électrique. L'incrédulité, les préventions anciennes sont tombées. La révélation est faite de sa puissance et de ses possibilités.

Et ceux qui, échappés au carnage, rentrent du front sous le signe de la victoire, avec la foi dans un avenir meilleur, avec l'espoir d'une paix définitive, en prendront vite conscience ; ils sentent qu'elle porte dans ses flancs quelques-uns des germes les plus actifs de la prospérité à laquelle ils aspirent, en se remettant au travail.

Un homme à qui ses hautes fonctions ont permis de voir de près, et de bien juger — M. **Cahen** — a présenté, au cours d'une conférence faite à la Société des Ingénieurs Civils, le 22 mars 1918, le bilan de l'effort accompli par la « Houille Blanche » durant la guerre.

De 1916 à fin 1918, on a aménagé ou commencé d'aménager une puissance totale de « *850.000 chevaux* », répartie comme suit :

	Puissances installées
Alpes	428.000 CV
Pyrénées	185.000 CV
Plateau Central	200.000 CV
Jura et Vosges	35.000 CV
Ouest	2.000 CV

A la fin de 1917, 120.000 CV étaient déjà mis à la disposition de la Défense Nationale ; 330.000, en fin 1918 ; le reste est entré en jeu, dans l'activité Nationale, entre 1918 et 1921.

Nous remarquerons la place prise par les régions autres que celle des Alpes, et particulièrement l'œuvre réalisée dans le Massif-Central.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Chute de Lamativie (Plateau Central)
Vue générale de la Centrale
et les conduites forcées

4e PERIODE D'APRES GUERRE : 1918-1930

Telles qu'elles nous apparaissent maintenant, avec le recul du temps, les douze années de l'après-guerre n'ont pas été pour la France une ère de prospérité, c'est-à-dire d'accroissement de sa richesse réelle.

En dépit d'une euphorie factice, et des « hymnes à la production », elles ont été consacrées à une œuvre de réparation des pertes subies, de reconstitution des régions dévastées, de réorganisation intérieure économique et sociale, enfin d'adaptation progressive aux conditions nouvelles imposées, dans tous les domaines, par les suites du cataclysme mondial.

Parmi ces faits nouveaux, il en est qui ont, plus spécialement touché l'Industrie Hydro-électrique et — les uns favorables, les autres défavorables — influé sur son développement.

Le formidable passif laissé par la guerre, les réparations tombées à la charge du vainqueur, l'aggravation incessante des impôts de toute nature, l'augmentation des charges sociales, la chute du franc et la dévalorisation consécutive des capitaux, ont lourdement pesé sur l'essor de la Houille Blanche.

Comme toute l'économie française, elle a connu et elle connaît encore : l'élévation du loyer de l'argent, la vie chère sous toutes ses formes, l'inflation des salaires, du prix des matières et du matériel, des transports, l'alourdissement continu du prix de revient, l'insécurité des créances et des paiements, en un mot toutes les manifestations d'ailleurs variables, oscillantes, d'un « *désordre économique* », d'un accident spécifique, dont l'amortissement n'est, hélas, point encore achevé !

A ces ceuses générales, défavorables, viennent se superposer des *faits particuliers*, qui pèsent à leur tour sur la position précédemment acquise par l'Industrie Hydro-électrique ; leur incidence, quoique progressive, a été grave.

Au lendemain de la guerre, l'orientation des courants économiques change en France, comme il change aussi dans le monde entier.

Pour la Houille Blanche, vers laquelle, sous la poussée de l'envahisseur, s'étaient réfugiées les industries de la Défense Nationale, c'est maintenant l'heure de la marée descendante.

La reconstitution des grandes industries dans le Nord et dans l'Est attire loin d'elle, loin de ses montagnes abruptes et de ses vallées étroites, le courant économique intérieur, désormais orienté vers les gisements de houille et de fer, vers les industries textiles de la frontière, libérés et outillés à neuf, aussi vers les grandes agglomérations urbaines de la région Parisiennes, de la Lorraine et de l'Alsace réintégrées dans la patrie Française, du Lyonnais, des plaines de l'Ouest et du Sud-Ouest. Elle les y poursuivi, mais au prix d'un magnifique effort de sa sœur : l'Industrie du Transport et de la distribution de l'énergie électrique.

Elle n'est plus seule d'ailleurs à la produire à bas prix. Elle se heurte maintenant, même à grande distance, à une nouvelle venue, l' « *Usine Thermique* », de grande puissance.

A l'école des réalisations américaines, britanniques et allemandes, sa technique est en progrès constant : grilles mécaniques, foyer à « charbon pulvérisé », utilisation courante des combustibles inférieurs, surchauffe de la vapeur, économiseurs et réchauffeurs, turbines à grande puissance et à haut rendement, condenseurs à grande surface et à vide profond, etc...

Ainsi, la Houille Noire prend sa revanche. Elle est redevenue abondante par l'intensification de l'extraction mondiale. Les perfectionnements apportés à son utilisation lui permettent de produire l'énergie à un prix de plus en plus réduit, contre lequel la Houille Blanche lutte difficilement gênée par la lourde charge de l'amortissement-intérêt de ses installations de génie civil, de jour en jour plus importantes et plus onéreuses.

A l'heure présente (fin 1935), on peut admettre que dans l'ensemble — abstraction faite de la nature des utilisations — *l'équipement Thermo-électrique Français* » a conquis la situation suivante :

	Puissances utilisées
Région Minière du Nord (houilles et combustibles inférieurs)	480.000 kilowatts
Région Métallurgique de l'Est (houilles et gaz pauvre) :	
Groupe Lorrain	440.000 kilowatts
Groupe Alsacien	150.000 kilowatts

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Région Parisienne (centrales d'énergie, utilisant les houilles françaises et étrangères)	1.700.000 kilowatts
Usines génératrices thermiques diverses, réparties dans les autres régions.	780.000 kilowatts
Total	3.550.000 kilowatts

Sans doute, de ce total impressionnant il y a lieu de déduire, de très importantes utilisations, soit locales, soit du périmètre immédiat.

Il n'en reste pas moins que, au point de vue de la production de l'énergie destinée aux usages urbains, industriels et ruraux, l'Energie Hydro-électrique se trouve maintenant, en France, en présence d'un *équipement* de la Houille Noire, d'un ordre de grandeur de 2.750.000 kilowatts, *soit 3.750.000 chevaux*.

Les grandes Centrales thermiques de la région Parisienne: Gennevilliers (340.000 kws), Saint-Denis, 1 et 2 (416.000 kws), Saint-Ouen (400.000 kws), Issy (200.000 kws), Vitry-Sud (100.000 kws), Arrighi (216.000 kws), y tiennent le premier rang.

Cette concurrence n'a pas ralenti l'effort des hydro-électriciens; elle a même soutenu et renouvelé leur ardeur.

Elle ne s'est point égarée aussi sur un terrain autre que celui de l'affrontement des théories et de la discussion courtoise. Tout au plus pourrait-on signaler quelques escarmouches, sur certains points où des rivalités locales se trouvaient en contacts.

Les deux familles de la production française de l'énergie — unies au sein de leurs grandes organisations professionnelles communes — ont compris très vite l'inanité des guerres à outrance — de clientèles et de tarifs —, des batailles sauvages de tribu à tribu; en définitive, c'est toujours du reste l'économie générale du pays qui fait les frais de la rançon du vaincu et des pertes du vainqueur.

Sagement, les deux camps ont adopté le régime de la compréhension et des concessions mutuelles, du partage rationnel des zones géographiques d'influence, même de l'entr'aide de leurs moyens de production, de transport, et de distribution.

Ainsi, sous le contrôle de l'Etat — qui joue là son rôle essentiel d'arbitre — l'économie française a pu obtenir, de l'association de fait des deux types de producteurs, la pleine satisfaction de ses besoins d'énergie, au fur et à mesure de leur incidence, et l'équilibre remarquable d'une de ses industries capitales.

D'autres circonstances de la période d' « après-guerre » ont été plus favorables au développement des forces hydrauliques et du transport de force, auquel, dans notre pays, elles sont liées intimement.

C'est d'abord le prodigieux *accroissement de la consommation de l'énergie électrique,* sous toutes ses formes, et dans tous les domaines:

Reprise et intensification de *l'activité industrielle* d'un grand pays, frustré dans ses droits quant aux « réparations », mais qui les a effectuées quand même; au lendemain de l'effroyable tourmente, il s'est remis vaillamment au travail; il a reconstitué ses usines détruites ou désorganisées par la guerre, remplacé et amélioré son outillage, et — confiant dans l'avenir — poussé ses productions au delà de ses besoins immédiats; mais même dans cette exagération momentanée, il a su se garder des folies commises ailleurs, rester fidèle à son sens profond de la mesure et de l'équilibre.

Développement de la *concentration urbaine.* Certains la jugent regrettable à divers points de vue. Nous ne discuterons pas.

Nous constaterons simplement qu'elle a facilité et accéléré l'accession des masses aux avantages multiples de l'électricité. La lumière électrique à la portée de tous, le petit moteur de l'artisan, le nettoyage domestique par l'aspirateur, l'ascenseur des immeubles, les chauffages spéciaux, la radiodiffusion, comptent parmi les avantages qu'elle offre — comme toute chose humaine — en regard de ses défauts.

La concentration urbaine a donc apporté un vaste champ d'activité à l'industrie électrique, qui — directement ou indirectement — fait vivre maintenant des centaines de milliers de travailleurs.

D'ailleurs, dans cette grande œuvre nationale de la diffusion de l'électricité et de ses applications, les populations restées attachées au sol natal n'ont point été tenues à l'écart.

A ce point de vue, comme pour l'hygiène, la distribution d'eau potable, l'outillage, l'éducation professionnelle post-scolaire et ménagère, pour les transports régionaux aussi, un grand souffle de juste solidarité et d'adaptation sociale, a passé sur la France.

Il s'est traduit par une collaboration étroite et bienfaisante de l'Etat, des administrations départementales et municipales, et aussi — pour ce qui nous concerne —, des organisations productrices et distributrices; c'est de leur coopération qu'est née *l'Electrification Rurale.*

Chaque année, à la mesure des crédits attribués et des possibilités industrielles ou techniques, voit s'étendre la pénétration de l'énergie électrique, jusque dans les campagnes les plus reculées, souvent au prix de lourds sacrifices; ils trouvent leur contre-partie dans l'apport du courant à toutes les formes de l'activité agricole et de son artisanat, de l'amélioration des conditions de vie et de travail de l'agriculteur et de sa famille, à celles aussi de son habitat.

L'industrie hydro-électrique détient la meilleure place dans ces réalisations; elle contribue à attacher les hommes au sol cultivé par leurs pères, à réparer certains méfaits de la concentration urbaine, à maintenir l'inestimable richesse — bien française — de la vie à la campagne.

***

La période d' « après-guerre » a vu aussi s'étendre — dans une mesure inattendue — la fourniture d'énergie de la Houille Blanche à la *traction électrique sur les voies ferrées.*

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Il ne s'agit plus maintenant de tramways urbains ou de lignes d'intérêt régional.

La leçon de la guerre a porté ses fruits, au sein même de la direction et des milieux techniques des grandes compagnies, concessionnaires des services publics de transport en commun.

Dans les régions situées au pied de la montagne, productrice généreuse d'énergie hydro-électrique, la locomotive à vapeur a perdu son monopole de fait. Elle conserve sans doute son privilège d'indépendance fonctionnelle — souci de la Défense Nationale — qui la préservera longtemps encore de l'éviction totale. Mais elle devra, en temps de paix, céder une place de plus en plus large à la locomotive électrique, alimentée à plus bas prix, plus souple, et — disons-le — plus propre.

La Compagnie des Chemins de Fer du Midi a donné l'exemple sur ses lignes Pyrénéennes. La Compagnie des Chemins de Fer Paris-Orléans la suit, en équipant — de Paris au Massif-Central — une série de grandes lignes, également connectées aux grandes usines thermiques de la région Parisienne. La Compagnie P.-L.-M. va entrer à son tour dans cette voie, par l'électrification de sa ligne de Chambéry à Modane, qui laisse prévoir d'autres réalisations plus importantes et à plus grande distance.

Sur un plan différent, le châssis automobile à accumulateurs et l'électrobus à trolley s'efforcent de limiter les conquêtes de l'autobus et du car, à essence ou à moteur Diesel.

Considérons enfin que, du point de vue de l'économie nationale, l'industrie hydro-électrique, utilisant une force naturelle, permet à la France de réduire très notablement ses achats de charbon à l'étranger et, ainsi, de restreindre le déficit de sa balance commerciale. Par là, la Houille Blanche conditionne, pour une part importante, notre indépendance économique, et politique.

*
**

Le *progrès incessant de la technique* a contribué aussi, dans une très large mesure, à maintenir la situation antérieurement acquise par l'industrie hydro-électrique et à facilité son développement durant les douze premières années de l' « après-guerre ».

Un coup d'œil rapide sur ce terrain va nous permettre d'apprécier le chemin parcouru..

Conscient de l'évolution parallèle des idées et des besoins, le technicien de la Houille Blanche, retour du front, s'adaptera vite aux nécessités de l'heure.

D'abord, il renonce — sauf exceptions justifiées — au principe primitif de l' « aménagement au fil de l'eau », qui subordonnait l'utilisation au fait naturel.

Désormais, il porte son effort sur une notion plus complexe et de rendement supérieur : l'ajustement de la production aux besoins auxquels elle doit satisfaire. Il atteindra ce but par l'association du lac en montagne et de la haute chute, par l'utilisation rationnelle, quotidienne ou saisonnière, du barrage-réservoir, par l'inter-connection à distance, grâce à la ligne électrique à haute-tension, de chutes de régions à régimes hydrologiques différents, susceptibles de se compenser l'un l'autre. Cette accommodation a été lente, progressive. Mais elle a doté l'industrie hydro-électrique d'une doctrine sûre, à laquelle l'avenir semble devoir apporter encore des progrès, mais sans doute peu de modifications essentielles.

La turbine, l'alternateur, leur accouplement et leur régulation, sont en progrès constants. La construction fait passer dans le domaine de la réalisation industrielle les conceptions modernes de l'hydraulique — dont **Kaplan** et **Routin,** en France, sont les protagonistes — celles aussi de la mécanique et de l'électricité.

La puissance des groupes électrogène, des transformateurs, des appareils de coupure et de sécurité, s'accroît, de même que la tension des lignes de transport de force, maintenant à tracé rectiligne, avec longues portées, et armées d'isolateurs à suspension souple, disposés en chaine. Celles équipées pour 120.000 et 150.000 volts deviennent courantes ; on va aborder la tension de 220.000 volts, qui permettra d'envisager des puissances de 100.000 kilowatts et des distances de 500 à 600 kilomètres.

Le réseau à haute tension commence à se dessiner. Descendant des Alpes, des Pyrénées, du Massif-Central, ces lignes à 120-150.000 volts atteignent déjà, ou vont atteindre : Lyon, Marseille, Saint-Etienne, Montluçon, Toulouse, Bordeaux. Le tracé de leurs prolongements, et celui des nouvelles lignes en projet, pointent en direction des grandes plaines des bassins de la Seine, de la Loire, de la Garonne, vers la région Parisienne surtout, où s'opère la plus vaste concentration économique et urbaine de notre pays.

Ce réseau reste l'œuvre d'entreprises privées. Mais déjà se manifeste entre elles un large esprit de collaboration, d'unification et d'entr'aide.

C'est que l'ampleur des réalisations effectuées, et de celles qu'on prépare, dépasse les possibilités des sociétés industrielles, même les plus puissantes. L'heure s'éloigne où on pouvait être, à la fois : producteur, transporteur et distributeur d'énergie.

Un grand travail de classement et de regroupement s'achève, qui impose la spécialisation.

L'association des producteurs d'une région, ou de régions à régimes hydrauliques complémentaires, sera ainsi amenée souvent à créer un organisme de transport en commun ; il leur permettra de faire masse de leurs disponibilités d'énergie, et de les apporter, avec le meilleur rendement et le plus de sécurité, aux distributeurs des grands centres de consommation.

Cette organisation méthodique de la « profession » a été soutenue, orientée, animée, par les grandes *Associations d'Intérêt Professionnel Commun,* que l'industrie hydro-électrique a fait naître — ou auxquelles elle participe — et, en premier lieu, par la *Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques,* nous retrouvons là — et nous retrouverons encore — son action toujours abjective et bienfaisante.

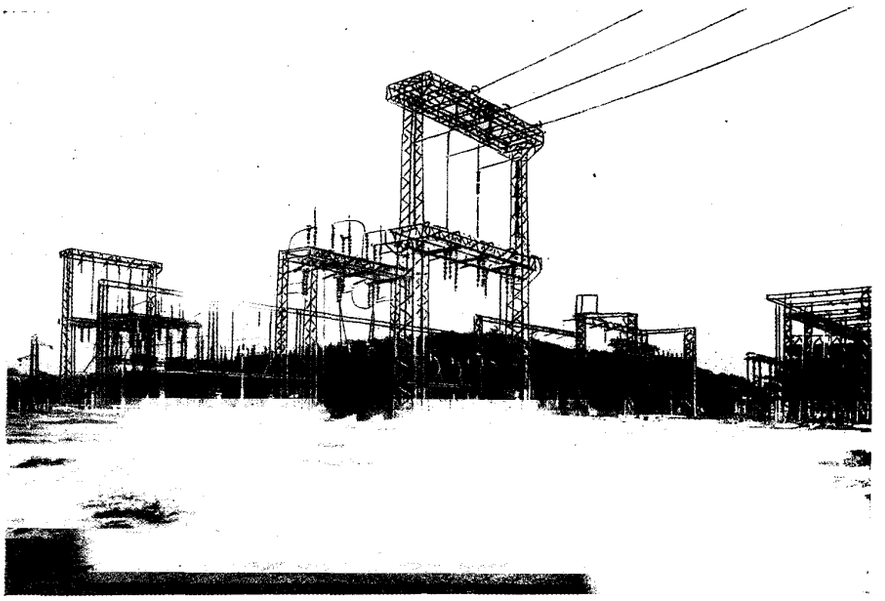
Sa sollicitude éclairée, et ses travaux, suivent au plus près l'évolution des faits, des besoins et

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

des intérêts. Elle tient le contact avec les administrations et les pouvoirs publics, législatifs et exécutifs ; elle arbitre et apaise les conflits, inévitables, qui peuvent s'élever entre ses adhérents.

Ses Congrès sont les assises périodique de la Houille Blanche ; ils rassemblent les intérêts techniques et professionnels, ceux aussi des sympathisants de fait ou de relation ; ils en maintiennent la cohésion et l'équilibre ; ils cherchent et tracent la voie de l'avenir. Le Congrès de la Houille Blanche, à Grenoble, en 1925, fut une des manifestations les plus réussies, et les plus éloquentes, de cette activité.



Poste de Marèges

Les installations et le départ des lignes à 220.000 volts

J'ai l'obligation de ne point oublier l'effort parallèle de tant d'autres organisations : de l'Union des Syndicats de l'Electricité, de la Société Hydrotechnique de France, du « Comité Français des Grands Barrages », de date plus récente, mais « cellule française d'une vaste organisation internationale, en voie de fondation ».

A la mesure du développement de l'industrie hydro-électrique française, *l'Enseignement Supérieur Spécialisé* s'intensifie, s'élève et se perfectionne.

Par son exemple, par la magnifique « leçon de choses » qu'il donne, l'Institut Polytechnique de l'Université de Grenoble — en plein essor — a essaimé.

Successivement, Toulouse, Nancy, Lille ont ouvert des Instituts, où s'activent professeurs éminents et élèves pleins de foi, où se forme un corps d'ingénieurs que l'avenir trouvera merveilleusement adapté à sa tâche.

Les autres grandes Ecoles Françaises de Techniciens ne sont point restés en arrière de cet effort ; elles aussi se sont adaptées et fournissent leur contingent aux états-majors de l'industrie hydro-électrique française ; beaucoup de leurs élèves sont allés d'ailleurs compléter leur formation dans les Instituts électro-technique spécialisés.

La « Houille Blanche » a reçu son *statut légal* de la *loi du 16 octobre 1919*, complétée par de multiples décrets, arrêtés, circulaire, qui en ont réglementé l'interprétation et l'application.

A vrai dire, cette œuvre législative n'a pas conquis au début tous les suffrages.

Sans doute, la position des forces hydrauliques dans l'économie nationale était reconnue ; l'obstruction des « barreurs et pisteurs » de chutes était brisée ; l'aménagement des chutes se voyait libérer d'entraves et d'obstacles, nés souvent d'une interprétation abusive du droit commun.

Mais à quel prix, disaient certains !

L'article premier de la loi du 16 octobre 1919 pose en effet le principe suivant :

« Nul ne peut disposer de l'énergie des ma-
« rées, des lacs et des cours d'eau... sans une
« concession ou autorisation de l'Etat. »

Ainsi, l'Etat se substituait aux particuliers dans la propriété des droits d'eau ; il en limitait l'usage à la durée de la concession ou de l'autorisation ; il soumettait la création et l'exploitation des forces hydrauliques à une réglementation, à un contrôle, à des enquêtes et formalités administratives qui paraissaient, à leur tour, abusifs et vexatoires, du moins aux tenants de la liberté absolue...

Le temps a passé ; les polémiques sont oubliées, le caractère de « domaine public » est maintenant bien reconnu par tous aux forces hydrauliques, et l'expérience de la législation nouvelle a établi l'inanité de la plupart de ces reproches et des craintes émises — encore qu'on puisse souhaiter parfois une plus grande rapidité dans l'instruction des demandes et l'octroi des concessions.

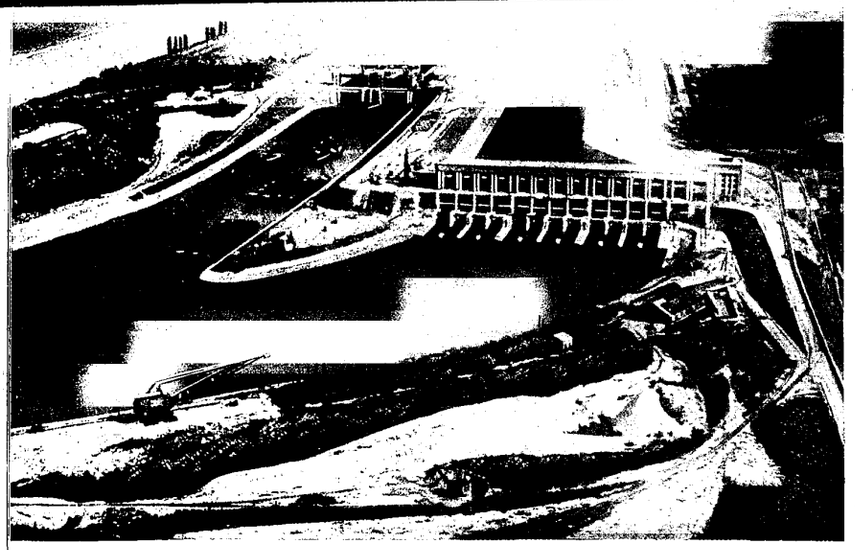
Pour les lignes de transport d'énergie et de distribution, la loi organique du 15 juin 1906 a été complétée par celle du *27 février 1925*. La loi du 2 août 1923 a organisé l'*Electrification Rurale* et celle du 2 mars 1930 assure la protection des sites.

*
**

Dans l'ensemble des conditions techniques, administratives et sociales que nous venons d'ex-

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



Vue d'ensemble du canal
et des installations de Kembs

poser, *quelle a été l'œuvre accomplie par l'industrie hydro-électrique,* au cours de la période d'après guerre ?

Le tableau suivant des « mises en chantier » en fixe l'ordre de grandeur :

Aménagements entrepris de 1918 à 1930

Région des Alpes	180.000 CV.
Région des Pyrénées	220.000 »
Massif Central	250.000 »
Total	650.000 CV.

Ce chiffre reste, pour douze années, inférieur à celui des aménagements entrepris durant les quatre années de guerre.

L'effort de la France se porte principalement sur la reconstiuttion des régions libérées, sur l'équipement de la région Parisienne (que la Houille Blanche ne peut encore atteindre) en énergie thermo-électrique, sur le développement industirel du Nord et de l'Est, vers qui remonte l'activité économique.

D'autre part, il faut tenir compte de l'importance des aménagements mis en œuvre à la fin de la guerre, et qui n'ont été achevés que vers 1923-1924.

Enfin on peut noter une évolution profonde, au point de vue géographique, dans les entreprises des réalisateurs de la force hydraulique.

La *région des Alpes* — où les meilleurs chutes sont aménagées ou en voie d'aménagement — ne vient plus en tête.

D'autre part, parmi ses principales mises en chantier :

Pour deux usines à basse chute,

Drac-Romanche, à Pont-de-Claix avec h : 16 m et P : 12.000 kws ;

Beaumont-Monteux, sur la Basse-Isère, avec h : 10 m. 50 et P : 45.000 kws.

Trois autres :

La Viclaire, h : 400 m., P : 37.000 kws ;

La Perrière-sur-Doron, h : 192 m., P : 22.000 kws ;

Villard de Bozel, h : 233 m., P : 12.000 kws, sont en haute vallées.

Ainsi l'aménagement alpin tend à délaisser les régions moyennes ; d'une part il descend vers la plaine, et d'autre part il s'enfonce au cœur du massif

Par contre, l'aménagement des Pyrénées et du Plateau Central est entré dans la phase du développement intensif.

Dans les Pyrénées, le plus gros effort est accompli par la Compagnie des Chemins de fer du Midi, et par ses filliales ; il comporte, entre autres, l'aménagement complet du Gave-d'Ossau :

Au sommet, le lac d'Artouste, altitude : 1989 mètres, avec une tranche de réserve utile de 23.000.000 m³, et de l'amont à l'aval :

	Hauteur de chute	Puissance installée
l'Usine d'Artouste	790 m.	30.000 CV.
l'Usine de Miégebat....	380 m.	51.000 CV.
l'Usine du Hourat	204 m.	51.000 CV.

Parmi les aménagements réalisés sur d'autres initiatives, nous citerons :

Les Usines de la Vallée d'Aspe :		
Estaens	486 m.	6.000 CV.
Le Baralet	332 m.	20.000 CV.
Le Réservoir de Puyvalador de la Société Méridionale de Transport de Force, avec l'Usine d'Escouloubre	330 m.	12.000 CV.

Dans le Massif Central, la technique de l'aménagement se porte de plus en plus vers le « barrage-réservoir » :

Barrage - Réservoir et Usine d'Eguzon-sur-la-Creuse, 55.000.000 de mètres cubes.....	54 m.	70.000 CV.
Barrage - Réservoir double des Rhues (39 et 42 m. d'hauteur) (capacité totale : 25 millions de mètres carrés) et Usine de la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans.....	122 m.	42.000 CV.
La Chute de La Mativie, sur la Cère	150 m.	52.000 CV.
La Chute de Laval de Cère	105 m.	54.000 CV.
La Chute de la Diège, avec Réservoir de Lachassagne, de 20 millions de mètres cubes, et Usine de Val-Beneyte	130 m.	50.000 CV.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

En définitive, on peut admettre — d'après les documents publiés par la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques — que *la situation de l'Industrie Hydro-Electrique Française* était, vers 1930, la suivante :

	Fin de la guerre	1930
Puissance installée en kws ..	1.700.000	2.300.000
Production annuelle en kws	4.000.000.000	6.800.000.000
Capitaux investis en francs	1.700.000.000 (francs-or)	10.000.000.000

5° L'HEURE PRESENTE : 1930-1936

L'heure présente ? N'est-elle point plutôt « l'heure de la crise » ?

Car l'Industrie Hydro-Electrique Française ne pouvait échapper aux atteintes de la dépression économique aiguë qui pèse sur le monde depuis cinq années. Notre pays, l'un des derniers touchés, en subit encore la dure étreinte.

La réduction progressive des demandes de concession de chutes, soumises au Ministère des Travaux Publics, fournit un premier indice des conséquences de la crise sur l'activité de la « Houille Blanche ».

Statistique	1923 :	50	1931 :	17
des	1929 :	44	1933 :	14
demandes annuelles	1930 :	81	1934 :	17

Egalement symptômatiques, le ralentissement des mises en chantier — les disponibilités croissantes des Réseaux de distirbution et des secteurs, en énergie disponible, invendue — et, plus encore, les restriction de la consommation annuelle d'énergie électrique, en France :

	1930 (en millions de kws)	1933 (en millions de kws)
Energie totale disponible....	15.774	15.415
Energie totale consommée..	13.635	12.770
Energie annuellement consommée, par habitant	327	304

Dans sa remarquable conférence, du 8 mars 1935, au Centre Polytechnicien d'Etudes Economiques, M. Jean **Maroger,** Président de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques, a précisé que la régression des ventes d'énergie semble stabilisée, ces dernières années, aux environs de : 15 %. Les gains compensent encore à peu près les pertes, malgré la mise en service, chaque année, de nouvelles et importantes usines génératrices, mises en chantier au cours de la période antérieure de prospérité.

Ainsi, pour l'Industrie Hydro-Electrique, la « crise » se traduit présentement sous la forme d'une mévente, encore relativement faible, de l'énergie disponible, et d'autre part d'un certain « suréquipement » de ses moyens de production.

Elle a donc, en somme, moins souffert jusqu'ici que nombre d'autres industries, également capitales, de l'économie Française. Cette situation commande la prudence, mais semble exclure aussi tout pessimisme.

La « crise » — la dépression économique actuelle — n'est point un fait nouveau. Depuis toujours l'humanité voit les « vaches maigres » suivre les « vaches grasses », et ensuite l'horizon, le plus brumeux, s'éclairer, alors souvent qu'on s'y attendait le moins.

Le « suréquipement », qui effraie certains, reste un fait passager. Quelques années plus prospères suffiraient à résorber le faible excès constaté, à lui faire sucéder un « sous-équipement », à ranimer ainsi, avec les nouveaux besoins, l'activité constructive de la Houille Blanche.

Bien que gênée peu à peu par l'incidence de la « crise », elle nous a apporté — au cours des cinq années écoulées — depuis la période d' « après-guerre », une œuvre magnififfue.

On nous excusera de ne rappeler ici que les plus importanets de ses réalisations :

	Hauteur de chute	Puissance installée
Dans le groupe Alpin :		
L'Usine du Drac inférieur près de Grenoble h :	10m.50	25.000 CV.
L'achèvement de l'aménagement du lac de la Girotte (1.724 mètres), dans le bassin du Beaufort, par l'adduction du Bon-Nant, collecteur de la base ouest du massif du Mont-Blanc ; tranche utile de retenue : 28 millions de mètres cubes.....		
Le Barrage-Réservoir du Chambon, régulateur des Usines de la Romanche, 54 millions de mètres cubes, avec Usine du Pont Saint-Guillerme .....h :	240m.	25.000 CV.
Le Barrage-Résevoir du Sautet, régulateur des Usines du Drac, 100 millions de mètres cubes, avec Usine du Pont Sautet .....h :	93m.	90.000 CV.
Le Barrage-Résevoir de La Bissorte, mis en service en octobre 1935 — capacité utile : 40 millions de mètres cubes — régulateur des Usines de la vallée de l'Arc, avec usine génératrice .....h :	1144m.	88.000 CV.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Dans le Massif Central :

Barrage - Réservoir de Marèges (Dordogne). Capacité : 32.500.000 mètres cubes, avec usine génératrice de 33.000 chevaux de puissance normale, mais suréquipée par la Compagnie des chemins de fer d'Orléans pour le passage de pointes	76 m.	175.000 CV
Barrage - Réservoir de Brommat, sur la Bromme et la Truyère, dans les gorges de La Cadène, avec usine souterraines du Brézou..h :	250m.	240.000 CV.
Barrage - Réservoir de Sarrans, de capacité utile : 175 millions de mètres cubes, avec usine génératrice	101m.50	135.000 CV.

Dans le Groupe Rhénan :

Usine de Kembs, avec installation compensatrice du Lac Blanc et du Lac Noir, et possibilité d'une production annuelle de : 700 millions de kilowatt-heures .....h :	12 à 17 mètres	155.000 CV.

Dans l'ensemble, on peut admettre que, de 1930 à fin 1935, les disponibilités de l'Industrie Hydro-Electrique Française, *en puissance installée,* se sont accrues d'environ : *1.220.000 chevaux,* soit : 900.000 kilowatts.

Ainsi, malgré les difficultés croissantes, et en vertu surtout de la puissance vive des efforts antérieurs, cette période a donc été particulièrement active, au point de vue du développement des Forces Hydrauliques.

L'activité du développement des *transports d'énergie* à haute tension n'a pas été moindre.

Faisant le point, il y a un an déjà, M. Maroger traçait (dans la conférence que nous avons citée) le scéma de leur programme, en voie d'exécution progressive :

Quatre grandes lignes convergent vers la région Parisienne :

Deux viennent du Massif Central ; l'une établie par la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans, est déjà connectée aux grandes centrales thermiques du froupe de Paris ;

Une viendra des Alpes } avec jonction à
Une viendra du Rhin } Troyes-Créney

La région de l'Ouest pousse également trois lignes, orientées vers la moyenne et basse Loire :

Eguzon - Angers, Bordeaux - Cholet - Nantes et la Bretagne, Vienne-Loire moyenne.

La région du Sud-Ouest est desservie dès maintenant par les deux grandes lignes d'énergie de la Compagnie des Chemins de fer du Midi : Pyrénées-Bordeaux, et Pyrénées-Toulouse.

La région du Sud-Est, déjà alimentée par les Usines de la Durance va recevoir du Massif Central deux lignes, provenant l'une de La Truyère au centre, l'autre de Saint-Victor, au sud, avec convergence à Bagnols-sur-Cèze et point de direction : Marseille.

La région Lyonnaise et Stéphanoise est alimentée en partie par le Massif Central, en partie par les Alpes.

La région de l'Est et du Nord sera desservie par un ensemble de lignes partant du Rhin : Kembs-Besançon-Dijon-Creusot, Kembs-Troyes-Créney, Landre-Revigny, avec liaison au réseau Thermique du Nord, par Epernay et par Rohon.

La capacité de transport de ce réseau à haute tension, de création particulière, mais d'intérêt national, est estimée de l'ordre de 3 milliards de kilowattheure.

En fait, la ligne de démarcation entre les zones d'influence de l'énergie hydraulique et de l'énergie thermique, qui passait encore vers 1925 par la transversale Bordeaux-Strasbourg, a conquis le tracé : Strasbourg-Orléans-Nantes, avec probabilités d'un nouveau progrès vers le Nord, par l'adduction prochaine de l'énergie hydraulique dans : la région Parisienne, la partie moyenne du cours de la Loire et la région Champenoise.

*
**

Cinquante ans ont passé sur les débuts timides de l'association de la Houille Blanche et de l'Electricité.

Victorieuse de préventions et de routines, économiques ou administratives — en possession d'une technique sûre, d'un statut légal, d'une organisation professionnelle puissante, — après avoir apporté à la défense nationale un concours dont le recul du temps nous permet d'apprécier la valeur — l'*Industrie Hydro-Électrique Française* peut présenter aujourd'hui le fier bilan de son effort :

Puissance installée : **3.200.000 kilowatts ;**
Production annuelle : **7.200.000.000 de kwh ;**
Capitaux investis : **13 milliards de francs.**

Ces résultats donnent la mesure de sa vitalité et de sa puissance.

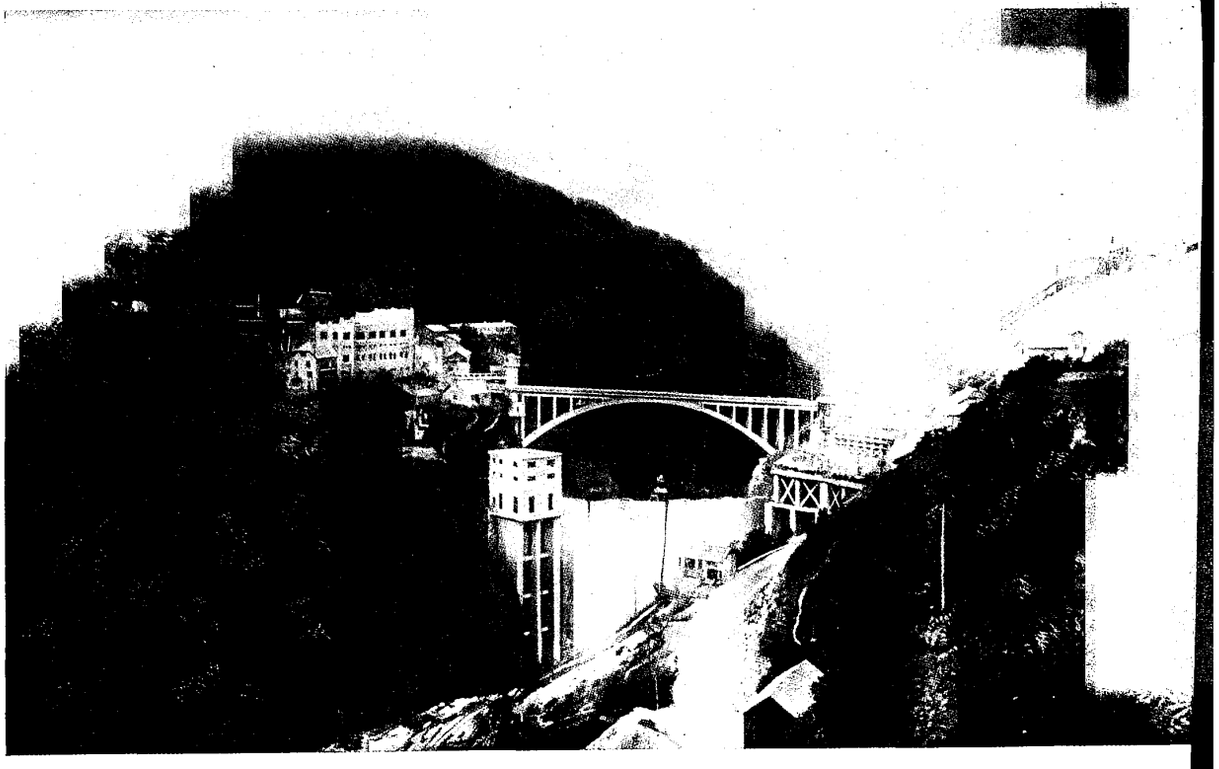
Ils sont aussi la garantie de son avenir, le gage de l'intérêt, pour l'économie nationale, des grands travaux qu'elle poursuit maintenant ; en tête se place l'Aménagement du Rhône.

*
**

Au terme de ce rappel d'un passé déjà long, nous jetterons un regard en arrière, jusqu'à la

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



Installations hydro-électriques modernes

LE SAUTET

Ci-contre, l'usine génératrice — Ci-dessus, le barrage sur le Drac

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

source profonde de cette activité et de cette richesse ; notre pensée et notre reconnaissance monteront vers la mémoire du grand savant Français, **André-Marie AMPERE,** car son intuition et ses travaux scientifiques restent une des bases fondamentales du grand œuvre accompli.

S'il est né trop tôt — un siècle plus tard, Ampère eut été peut-être un « Central de Lyon » — pour concevoir cette utilisation d'une grande force naturelle, en quoi se résume la « Houille Blanche », — il a du moins établi les lois premières de l'électro-magnétisme. Sur elles repose l'ensemble des progrès et des applications de l'électricité industrielle, source d'inestimable richesse pour la Civilisation moderne et pour les âges qui viendront.

Unissons-nous donc au tribut qu'apporteront les électriciens du monde entier à la commémoration de cet autodidacte génial, qui fut aussi un grand penseur. Associons-nous, de tout cœur à la foule qui, récemment, est venue rendre à **André-Marie AMPERE,** dans sa ville natale, l'hommage de la France à son illustre enfant.

G.-A. MAILLET (1897).

Usine de Brommat

Barrage et prise d'eau

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

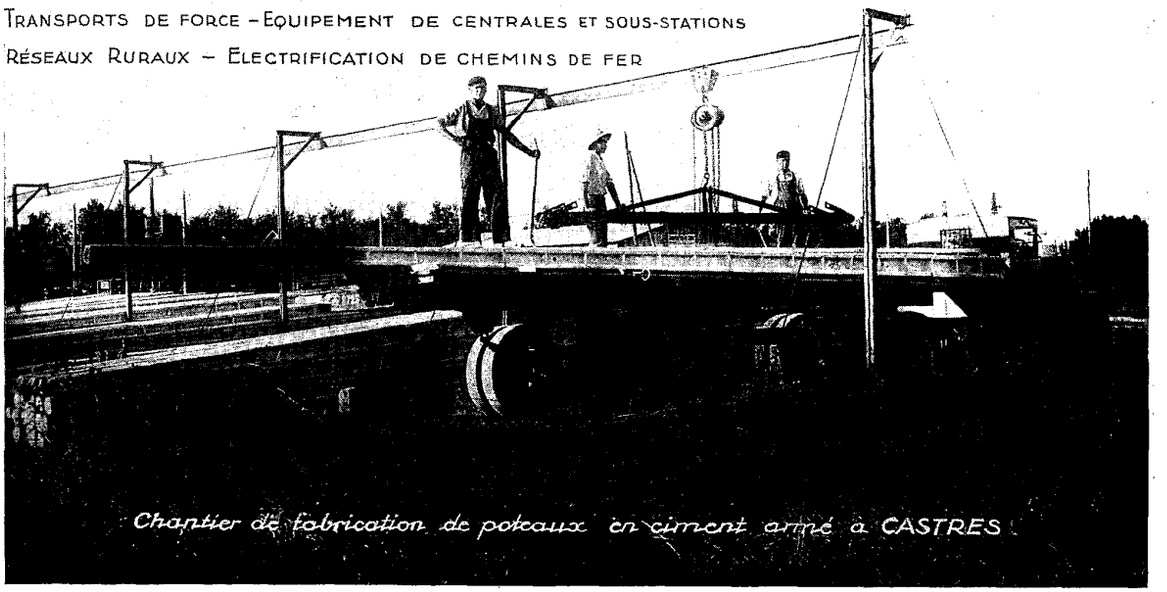
R. TISSOT, CURIS, PRAS & LOMBARD

Société à responsabilité limitée. Capital de 3.000.000 frs. *16, rue de la Méditerranée* LYON

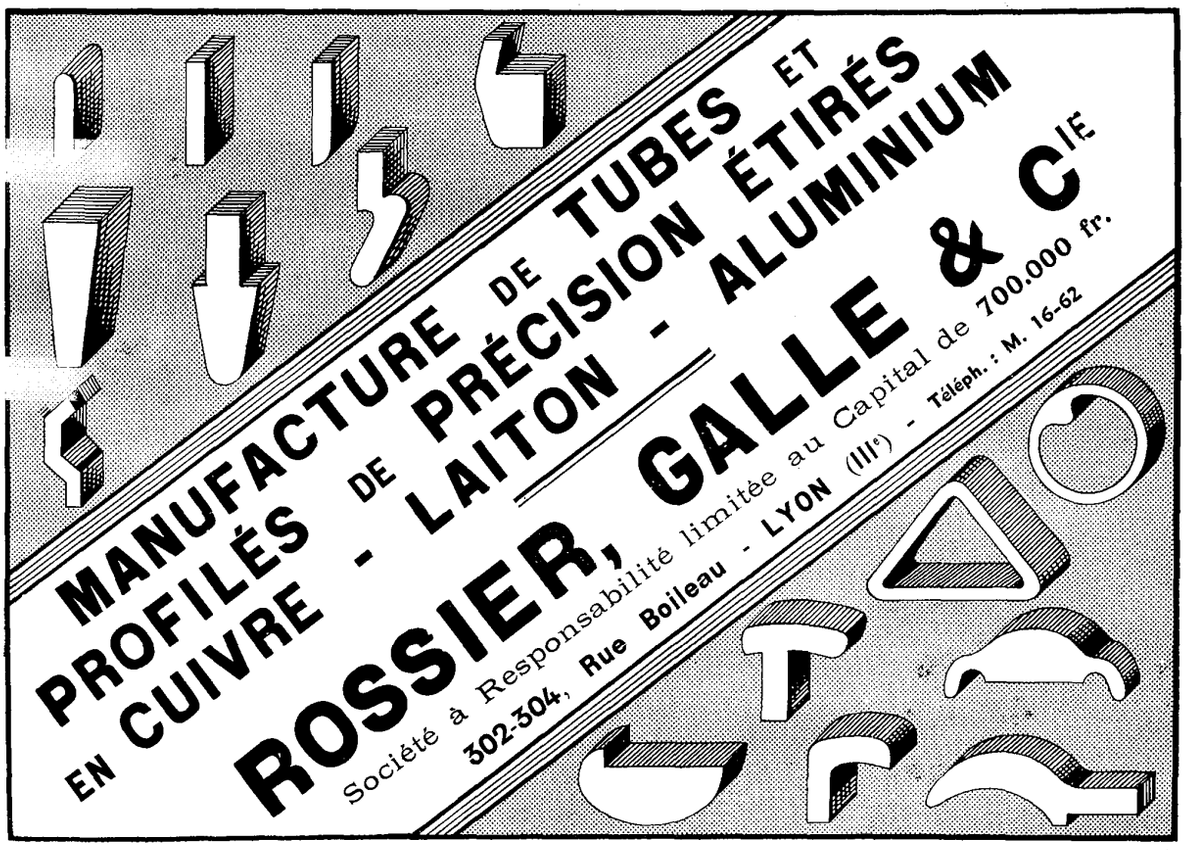
ENTREPRISES ÉLECTRIQUES

TRANSPORTS DE FORCE – EQUIPEMENT DE CENTRALES ET SOUS-STATIONS

RÉSEAUX RURAUX – ELECTRIFICATION DE CHEMINS DE FER



Chantier de fabrication de poteaux en ciment armé à CASTRES

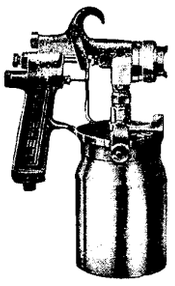

MANUFACTURE DE TUBES ET PROFILÉS DE PRÉCISION ÉTIRÉS EN CUIVRE - LAITON - ALUMINIUM
ROSSIER, GALLE & Cie
Société à Responsabilité limitée au Capital de 700.000 fr.
302-304, Rue Boileau - LYON (IIIe) - Téléph. : M. 16-62

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

UN GRAND PROGRÈS DANS LE MATÉRIEL POUR PEINTURE PNEUMATIQUE

La **Peinture Pneumatique** prend une extension remarquable dans les applications les plus diverses (meubles, carrosserie, bâtiment, cuir, etc.). Cette année, il est une firme, dont le stand fut particulièrement remarqué par sa gamme très complète de **groupes compresseurs.** Ce sont les **Etablissements LEPETIT**, 26, Rue Victor-Hugo (Asnières), spécialisés depuis 10 ans dans cette fabrication. -



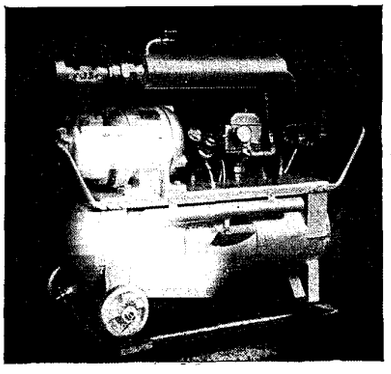
Des démonstrations particulièrement intéressantes étaient effectuées dans une hotte métallique ventilée par aspirateur helicoïde.

Ces démonstrations ont permis d'apprécier la grande finesse de pulvérisation des **pistolets LEPETIT**.

Le grand modèle, type industriel, a le grand avantage d'avoir un système de filtration de l'air par la crosse.

Le petit modèle est étudié pour de fines retouches et des travaux de décoration.

Mais, ce que nous avons le plus admiré, c'est un nouveau **groupe pneumatique** qui fait l'objet d'un nouveau brevet pris par cette maison, et qui représente un grand progrès dans l'industrie de la Peinture Pneumatique.

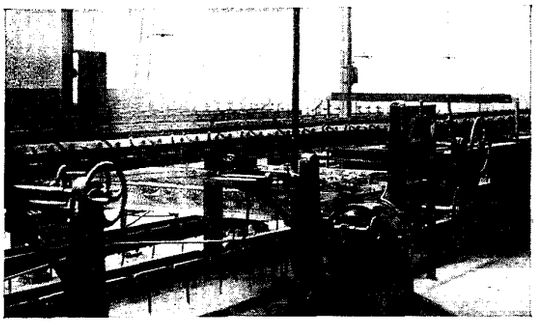


En effet cet **ELECTRO-BLOC** présente le grand avantage d'être muni d'un dispositif spécial, le **Déshydrateur RÉCHAUFFEUR.**

Ce dispositif, qui ferme le circuit de projection du groupe, a pour but de réchauffer l'air devant aller au pistolet, cet air ayant été refroidi dans le groupe par son passage dans le condenseur.

L'air froid ayant l'inconvénient après son passage dans le pistolet, de produire au moment de la projection de la peinture, la formation de gouttelettes, préjudiciables à la finesse de projection.

Avec **L'ELECTRO-BLOC** à **Réchauffeur d'air**, qui supprime ce défaut, on obtient donc une projection très fine et régulière de la peinture.



Terrasse électrique **" Marteau "**, avec régulateur de voltage, sous rame sans-fin type Lyonnais, pour l'apprêt de soieries.
Chauffage placé avant une batterie de séchage à vapeur.

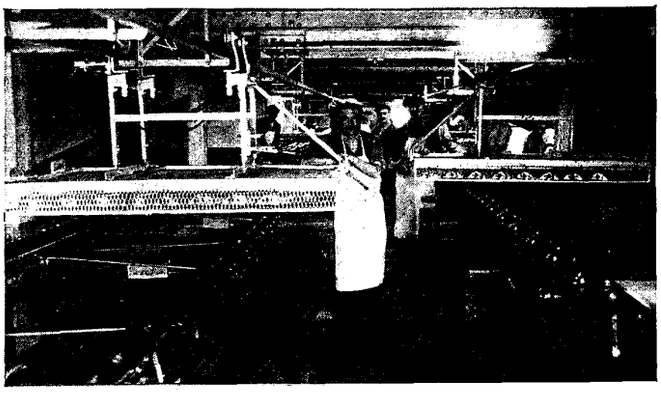
Terrasses électriques **" Marteau "** sur rames déraileuses à main, et sèche-lisières électriques sur bandes, pour apprêt de velours et de soieries.
Commande des terrasses à la main.

Chauffage et Séchage Electriques

Applications à toutes industries

Terrasses électriques " MARTEAU "
et sèche-lisières brevetés pour apprêt des tissus
CHAUFFAGE avec RÉGULATION AUTOMATIQUE pour :
EAU, HUILE, AIR, PRODUITS CHIMIQUES, ETC.
Matériels Electriques et Textiles

Paul RAQUIN, (Ing. E. C. L.) **63, rue Hénon, 63**
Lyon-Croix-Rousse Tél. : Burdeau 84-96



http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Esquisse sur l'évolution du marché de l'énergie électrique

par M. A.-J. BRISSAUD, Ingénieur E. C. L.

On racontait, il y a quelques années à peine, que la commune de Poleymieux, patrie d'adoption d'Ampère, était la seule commune de son département à ne pas posséder cette énergie électrique, que les découvertes de l'illustre savant avaient permis de répandre dans le monde.

Pittoresque exception pour confirmer un caractère de notre époque où les usages de l'énergie électrique sont devenus si nombreux que son utilisation est aujourd'hui un besoin essentiel de la vie privée ou de la vie publique, des individus comme des nations.

LA CONCENTRATION

En France, la production et la distribution de l'énergie électrique poursuivent une évolution conforme aux règles classiques du progrès, de la technique et de l'accroissement des besoins.

Après une organisation initialement localisée, dont le but était de desservir des centres de consommation bien définis, le marché de l'énergie a commencé, il y a une trentaine d'années, à évoluer vers une concentration régionaliste.

Dans ce système, quelques entreprises prépondérantes, soit en raison de l'importance de leurs usines de production, soit du fait d'une extension parfois audacieuse — pour l'époque — de leurs réseaux de distribution, ont étendu progressivement leur influence, par absorption ou par contrôle, sur les entreprises de moindre importance. La connexion des réseaux de distribution permettait déjà un meilleur ajustement de l'émission à la demande, et une utilisation plus satisfaisante de la puissance des usines ou de la capacité de distribution des réseaux.

Cette concentration régionaliste s'est peu à peu perfectionnée par des ajustements territoriaux entre groupes voisins, par des échanges d'excédents d'usines productrices à régimes différents, par des interconnexions d'importance encore réduite, mais déjà précieuse.

L'augmentation des besoins, la nécessité d'équiper de nouvelles sources de production, l'intérêt d'une mise en valeur accentuée du domaine hydro-électrique national, l'encouragement des Pouvoirs Publics, ont amené les groupements régionaux à la création d'organismes interrégionaux de transport d'énergie à longue distance. Le but de ces organismes est de coordonner, au moyen d'une ossature aussi rationnelle que possible, l'interconnexion des grands centres de production : cette coordination — dans un temps qui n'est pas loin — intéressera la totalité des entreprises du territoire.

Nous noterons, sans entrer dans les détails, que ce passage successif du stade local au stade régional, puis interrégional et bientôt national des industries de la production et de la distribution de l'énergie électrique, n'est pas spécial à la France.

Une évolution analogue a été constatée à l'étranger, suivant un rythme particulier au caractère de chaque nation : concentration financière très poussée aux Etats-Unis et en Belgique, concentration étatiste en Allemagne, concentration cantonale ou par groupement des collectivités en Suisse, etc...

INFLUENCE DE LA TECHNIQUE DANS L'EVOLUTION

Cette concentration massive, qui caractérise le marché de l'énergie électrique, ne vient pas cependant d'un attrait spéculatif des animateurs pour de larges bénéfices : elle résulte de la nécessité inéluctable d'adapter l'offre à la demande, en tenant compte des progrès de la technique. Ce sont ces progrès dans le domaine de la technique qui ont permis une rapidité remarquable dans l'application des solutions rationnelles du domaine de l'Economique.

Les Pionniers de la houille blanche : électrochimistes, électrométallurgistes, papetiers, n'avaient en vue que la force motrice nécessaire à leurs fabriques. Les travaux hydrauliques nécessaires à l'aménagement des chutes d'eau étaient limités à des réalisations fragmentaires. La foi, l'ardeur, l'audace des hardis créateurs, dont s'enorgueillit à juste titre notre Dauphiné, avaient, en outre, pour frein naturel, la prudence légitime de leurs bailleurs de fonds.

Les constructeurs de turbines hydrauliques et de matériel électrique utilisaient, il y a trente ans, des méthodes encore bien incertaines, les empêchant de réaliser de puissantes machines, et la qualité mécanique ou magnétique des métaux employés donnait souvent lieu à des déboires.

Enfin, le problème des transports massifs à grande distance et à très haute tension n'était pas encore résolu et les installations hydro-électriques, liées à des emplacements obligés, ne pouvaient disposer que d'un exutoire restreint.

Pour des raisons analogues, la technique de la production thermique ne disposait pas des moyens qui, parallèlement à l'augmentation de puissances des unités réalisées, ont permis les économies de plus en plus grandes de consommation de combustible, données par l'application de la surchauffe et l'utilisation de vapeur à très haute pression.

QUELQUES CHIFFRES

Au 1er janvier 1899, d'après M. Tavernier, le domaine hydro-électrique français comprenait 100.000 CV de roues hydrauliques et 230.000 CV d'usines pourvues de turbines.

En 1914, les usines pourvues de turbines totalisaient un équipement de 650.000 CV.

Aujourd'hui, les usines de Kembs, Brommat et Marége représentent, à elles seules, un équipement total de 460.000 kilowatts, et 276 usines, d'une puisssance supérieure à 1.000 kw., totalisent une puissance installée de 2.000.000 kw.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Le mouvement de concentration, pour les usines thermiques, semble encore plus accusé puisque, du 1er janvier 1931 au 1er janvier 1933, le nombre des usines thermiques est passé de 255 à 244, bien que la puissance installée totale ait progressé de 5.500.000 kw. à 6.285.000 kw. Les groupes générateurs, d'une puissance unitaire maximum de 7.500 kw. en 1913, atteignent aujourd'hui 72.000 kw. (Arrighi et St-Denis II).

Parallèlement aux progrès dans l'art de construire, la technique a permis de réaliser une amélioration considérable des rendements. Notons l'importance des applications pratiques de la loi de similitude permettant, par des essais sur modèle réduit effectués en laboratoires ou même sur les chantiers, de déterminer les formes optima à donner aux ouvrages.

Le rendement des turbines hydrauliques marque depuis 1900, un progrès de près de 10 points (80 % à 90 % pour le type centripète Francis ; 76 % à 86 % pour le type Pelton).

Dans les groupes thermiques, la consommation en combustible atteignait avant-guerre, pour des houilles de bonne qualité, 1 k. 200 à 1 k. 500 par kilowatt-heure. Cette consommation est descendue aujourd'hui à 750 grammes, 500 grammes et même moins.

Enfin, la réalisation pratique de lignes de transport à très hautes tensions a permis un camionnage de 50.000 kw. à 250 kilomètres, pour les lignes à 150.000 volts, et de 100.000 kw. à 500 kilomètres, pour les lignes à 220.000 volts.

Les producteurs sont ainsi libérés de sujétions d'engorgement fort préoccupantes, et les débouchés de l'énergie peuvent déborder dans tout le cadre national.

ETATS STATISTIQUES

Pour montrer, dans le stade actuel du marché de l'énergie, combien l'organisation existante met en cause des intérêts d'un ordre relevé, nous extrayons du rapport rédigé en 1934 par M. Chapouthier, au nom de la Commission Economique et Législative de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques, des statistiques particulièrement saisissantes.

Sur l'ensemble du territoire, divisé en régions, la valeur de la production et de la consommation d'énergie électrique peut être résumée, pour l'année 1933, dans les tableaux reproduits plus loin (tableaux 1, 2, 3).

Nous noterons que ces tableaux tiennent compte des échanges entre les diverses régions françaises, et ces échanges sont eux-mêmes fonction de l'état du réseau national d'interconnexion.

Il est intéressant d'observer, dans le tableau de la production, que la part de la production thermique représente 54 % de la production totale, avec une utilisation d'environ 1.400 heures par kwa installé.

Pour la production hydraulique, la capacité de production des usines ayant été, en 1933, de 11.085 millions de kilowatts-heure, on constate, pour une production effective de 6.500 millions de kilowatts-heure, une utilisation moyenne de l'eau de 59 %.

L'utilisation de l'eau dans les usines varie naturellement avec les régions hydrauliques de France. Le tableau ci-après, établi par régions, en 1933, fera saisir ces différences (Tableau 4).

Ce tableau montre une particularité bien connue du problème économique posé par la mise en valeur de nos richesses hydro-électriques, savoir : l'impossibilité d'ajuster la capacité de production aux besoins immédiats et l'existence actuelle d'un état de surproduction, qui doit aller en s'absorbant, à une cadence fonction de la rapidité de construction des superréseaux de transport.

L'INTERVENTION DE L'ETAT

L'Etat, gardien de la chose publique, ne pouvait se désintéresser de l'évolution d'une industrie, dont le fonctionnement est devenu un besoin économique essentiel et vital pour la nation.

Mais sous quelle forme, à côté du système législatif formant la charte des concessions de chute d'eau, de transport et de distribution d'énergie, doit s'orienter une intervention dont le but devrait, en définitive, être l'intérêt général ?

Il semble que la réalisation des superréseaux, qui pose un problème d'équilibre entre les diverses sources de production d'énergie, devrait permettre une solution d'économie concertée, dont les Pouvoirs Publics pourraient préparer des modalités en accord avec l'ensemble corporatif des groupements existants.

La politique d'abaissement de prix pratiquée déjà par les entreprises, a été poursuivie récemment par le Gouvernement, en une série de mesures impératives dont quelques-unes n'ont qu'un rapport bien lointain avec le rétablissement économique et monétaire, qui est la raison d'être des décrets-lois.

Mais il convient de ne pas oublier, au sujet de la politique tarifaire sur laquelle tout le monde, et à juste titre, se plaît à fonder de grands espoirs, que la France est le pays du monde où le courant électrique est au prix le plus bas ; que les prix de l'énergie, pour l'éclairage, n'atteignent pas le coefficient 3 par rapport à 1914, c'est-à-dire qu'ils ont à peu près diminué de moitié ; enfin, que dans le coût de la production de l'énergie, l'élément principal est d'ordre financier, insensible aux ajustements ordinaires des prix de revient fonction des variations cycliques.

POUR CONCLURE

Dans cette note, si brève pour l'ampleur du sujet, j'espère avoir fait percevoir un peu de l'évolution économique d'une industrie encore bien jeune, où l'initiative privée, avec sa grandeur et ses faiblesses, a développé sous une forme un peu composite mais cependant cohérente, un service devenu d'intérêt national.

L'évolution se poursuivra dans l'élargissement des débouchés, sans qu'il nous soit possible d'en prévoir le terme, car l'usage de l'énergie électrique est intimément lié au développement même de la civilisation.

A.-J. Brissaud, 1904.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

1. — **PRODUCTION** (en millions de kilowatts-heure)

	Production			Echanges		Consommation
	Hydraulique	Thermique	Total	Exportation	Importation	Pertes
Nord	—	2.300	2.300	—	—	2.300
Est	240	2.200	2.440	—	400	2.840
Région Parisienne	—	2.175	2.175	75	230	2.330
Ouest	50	750	800	—	105	905
Sud-Ouest	1.370	80	1.450	70	45	1.425
Centre	1.135	430	1.565	390	370	1.545
Sud-Est	3.385	145	3.530	225	10	3.315
Jura	370	230	600	—	45	645
	6.550	8.310	14.860	760	1.205	15.305

2. — **CONSOMMATION** (en millions de kilowatts-heure)

	Consommations + pertes	Consommation Réelle					
		Total	Dist.	Houil.	Sid.	E. ch.	Traction
Nord	2.300	1.955	840	895	185	—	35
Est	2.840	2.330	1.400	170	760	—	—
R. Paris.	2.330	2.050	1.560	—	—	—	490
Ouest	905	700	635	—	65	—	—
Sud-Ouest	1.425	1.215	520	—	—	555	140
Centre.	1.545	1.285	675	270	65	170	105
Sud-Est	3.315	2.770	1.355	20	—	1.290	105
Jura	645	505	430	75	—	—	—
	15.305	12.810	7.415	1.430	1.075	2.015	875

3. — **CATEGORIES DE CONSOMMATION** (en millions de kilowatt-heure)

	1933
Distributeurs	7.415
Houillères	1.430
Sidérurgie	1.075
Electro-chimie	2.015
Traction	875
Pertes	2.495
	15.305

Tableau 4

	Est	Ouest	S.-O.	Centre	S.-E.	Jura	Total
Capacité de production (en millions de kwh)	800	88	2.629	2.195	4.756	617	11.085
Production réelle (en millions de kwh)	240	50	1.370	1.135	3.385	370	6.550
Utilisation de l'eau en %	30	57	52	52	71	60	59

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

La traction électrique

par M. G. PALANCHON, Ingénieur E.C.L.

L'application de l'électricité aux transports est une des branches les plus importantes des applications mécaniques de l'électricité.

Les transports qui utilisent actuellement la traction électrique se divisent en plusieurs catégories, dont nous allons passer rapidement en revue les caractéristiques principales et le développement actuel :

1° Transports en commun à faibles distances et à débit restreint (tramways, électrobus, chemins de fer d'intérêt local).

2° Transports en commun à faibles distances et à grand débit (chemins de fer métropolitains et de banlieue).

3° Transports en commun à grandes distances (lignes électrifiées des grands réseaux de chemins de fer).

4° Applications spéciales, telles que les funiculaires et téléfériques, les transports industriels et miniers, le halage des péniches, la propulsion des navires.

I. — Transports en commun à faibles distances et à débit restreint

C'est à cette application que s'est limitée au début la traction électrique. La première exploitation pratique a été réalisée par Siemens et Halske, à l'exposition de Berlin, en 1879. En France, Claret ouvre à l'exploitation, en 1890, une ligne de tramways à Clermont-Ferrand, puis viennent les réseaux de Marseille (1892), Bordeaux (1893) et Lyon (1894). En 1897, il y avait 23.000 kilomètres de lignes de tramways exploitées en Amérique du Nord et 2.500 en Europe, principalement en Allemagne et en France.

Les tramways électriques ont atteint leur plus grand développement dès 1910 et réalisé, à quelques exceptions près, leur forme définitive en traction par courant continu à 600 volts, avec prise de courant aérienne et retour par les rails de roulement.

Les automotrices, offrant 30 à 100 places pour un poids de 7 à 20 tonnes, comportent 2 ou 4 moteurs de 25 à 50 chevaux, dont les couplages sont commandés par un contrôleur, qui établit directement les connexions nécessaires. La transmission de l'effort moteur à l'essieu se fait par l'intermédiaire d'un train de deux engrenages.

Il faut également citer des essais de traction par accumulateurs, ainsi que la réalisation de réseaux interurbains et de chemins de fer de montagne à courant continu ou alternatif H. T. (La Mure à Gap à 2.400 v. continu, Suisse-Italie).

Le bouleversement des conditions économiques créé par la guerre de 1914, et le développement rapide des moteurs à explosions ont amené, au moins en Europe, le déclin de ce système de traction, qui présente les inconvénients d'une lenteur relative, d'un encombrement regrettable et de la liaison à un itinéraire fixe.

Il est de plus en plus remplacé par l'autobus à essence ou huile lourde. Il s'est cependant créé de nouvelles applications de la traction électrique abandonnant le rail : électrobus à trolley, liés encore à un itinéraire par une double ligne aérienne, électrobus à accumulateurs, à capacité et à parcours limités par le poids et les sujétions de recharge des batteries.

II. — Transports en commun à faibles distances et à grand débit

Dans cette catégorie de transports, la traction électrique ne peut être égalée. Il s'agit en effet, d'obtenir, malgré des arrêts fréquents, des vitesses commerciales assez élevées (25 à 50 km.-h.) et une exploitation assez souple pour se prêter aux grandes variations du trafic suivant les heures de la journée.

Il faut donc avoir des convois de composition variable, à marche réversible et capables d'une accélération importante au démarrage, d'où la nécessité de répartir sur un grand nombre d'essieux la puissance motrice et de disposer de plusieurs postes de conduite sur le train.

Malgré les améliorations apportées récemment à la traction à vapeur sur les lignes de banlieue, notamment par l'installation d'un poste de commande à chaque extrémité du train, il est indiscutable que seule la traction électrique permet de résoudre le problème de façon satisfaisante.

A ces considérations s'ajoute le fait que les lignes sont fréquemment souterraines.

Les premières applications importantes remontent à 1890 (Londres), 1895 (Bremen, Baltimore) et 1900 (Paris).

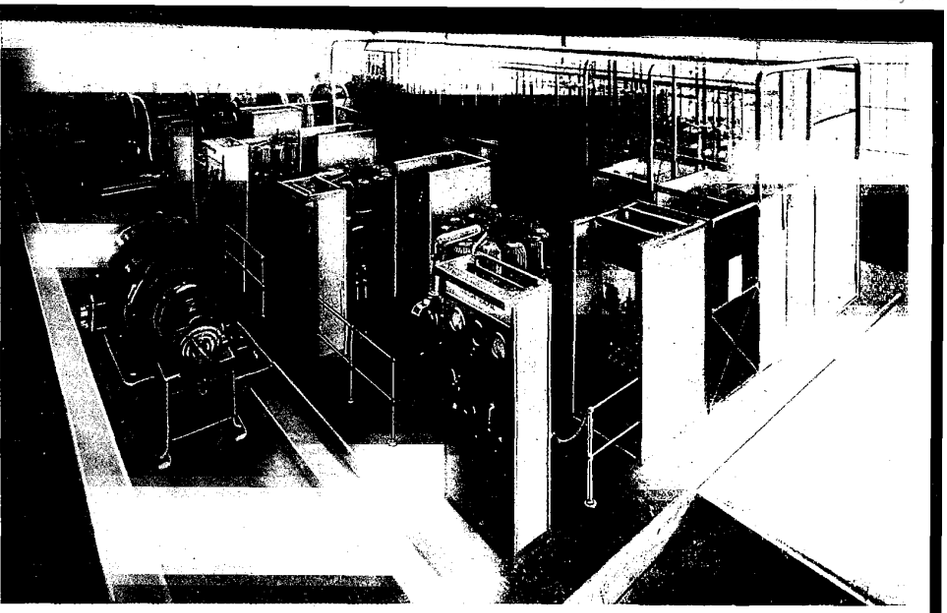
Le système généralement adopté est l'équipement à unités multiples à courant continu 600 à 1.500 volts, avec une forte proportion d'essieux moteurs dans le convoi. On tend à généraliser l'accouplement automatique entre deux ou plusieurs unités d'un convoi, de façon à adapter rapidement sa capacité au nombre de voyageurs à transporter, et à réaliser l'adhérence totale, c'est-à-dire avoir uniquement des essieux moteurs, pour atteindre des accélérations de l'ordre de 100 cm. : sec. : sec.

Le courant est amené aux motrices, soit par troisième rail et frotteurs, soit par ligne aérienne et pantographe. Le retour se fait par les rails de roulement.

La commande de l'équipement de traction peut être assurée de plusieurs points du train, à l'aide de manipulateurs agissant sur un circuit de commande à faible intensité, qui actionne, par l'intermédiaire de relais ou de cames, des contacteurs établissant les connexions nécessaires dans le circuit principal des moteurs. La transmission de

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon



Compagnie O. T. L.

Poste de redresseurs à mercure de la Société Générale Force et Lumière du dépôt de la rue d'Alsace, à Lyon.

l'effort moteur aux essieux se fait, comme dans le cas des tramways, par engrenages.

Les matériels les plus modernes, utilisés ou prévus pour assurer la desserte de la région parisienne, présentent les caractéristiques générales suivantes :

a) Réseau urbain du Métropolitain (1928) :

Rames composées de 2 motrices à adhérences totale, pesant 40 t. à vide, équipées avec 4 moteurs de 175 chevaux à courant continu 600 volts, prise de courant par troisième rail, et de 3 remorques de 20 tonnes, nombre de places total : 550 ; vitesse maximum : 60 km.-h ; accélération en pleine charge en palier : 70 cm. : sec. : sec.

b) Réseau de banlieue des chemins de fer de l'Etat (1929) :

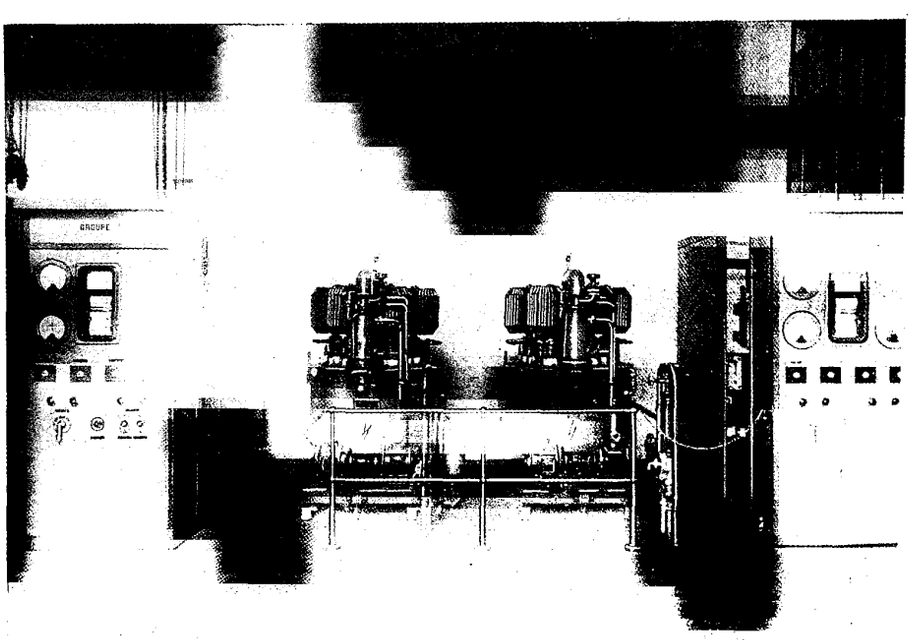
Rames composées d'une ou plusieurs unités à accouplement automatique, comprenant chacune une motrice à adhérence totale pesant 59 tonnes, équipée avec 4 moteurs de 165 chevaux à courant continu 600 volts, prise de courant par troisième rail, et d'une remorque de 39 tonnes ; nombre de places par unité : 330 ; vitesse maximum : 75 km.-h. ; accélération : 60 cm. : sec. : sec.

c) Réseau de banlieue du Métropolitain (1936) : rames composées d'une ou plusieurs motrices à accouplement automatique, pesant 45 tonnes, équipées avec deux moteurs de 250 chevaux à courant continu 1.500 volts ; prise de courant aérienne et offrant 210 places ; vitesse maximum : 80 km.-h. ; accélération : 72 cm. : sec. : sec.

Bien qu'ayant atteint un développement assez avancé pour que les caractéristiques générales soient nettement déterminées, les équipements de traction appliqués à ce genre d'exploitation continuent à se perfectionner. On tend à augmenter la vitesse commerciale par réduction du poids mort par place offerte et multiplication du nombre de moteurs (rames légères articulées à adhérence totale) ; on étudie des systèmes utilisant le freinage par récupération de l'énergie électrique en vue d'améliorer les conditions économiques d'exploitation, mise au point particulièrement délicate en raison de la fréquence des variations de vitesse et des arrêts.

III. — **Transports en commun à grandes distances**

Dans cette application, dont l'origine remonte à 1893, la traction électrique est concurrencée par d'autres systèmes de traction : traction à vapeur, traction par moteurs à explosions, utilisant le rail ou la route. Le problème de l'électrification est très complexe, il est à la fois technique et économique.



Compagnie O. T. L.

Redresseurs à mercure de l'usine de la rue des Pins, à Lyon, de la Société Générale de Force et Lumière.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Locomotive de 4.000 CV attelée au Sud-Express

Il s'agit de savoir d'abord si l'on a avantage ou non à équiper la ligne en traction électrique. Ceci dépend du profit de la ligne, de son trafic et des prix relatifs de l'énergie électrique et du charbon ou autres combustibles utilisés directement sur les locomotives. Les conditions économiques actuelles sont trop instables et trop faussées par des considérations d'ordre général pour pouvoir mettre le problème en équations. Il faut d'ailleurs, en France notamment, tenir compte des exigences de la défense nationale qui font proscrire, dans certaines régions, la traction électrique trop vulnérable et ne se prêtant pas à des installations de fortune.

D'une façon générale, la traction électrique est particulièrement avantageuse : d'une part sur les lignes accidentées où le rapport poids adhérent

$$\frac{\text{poids adhérent}}{\text{poids total}}$$

doit être élevé, et qui traversent des régions où l'on dispose généralement d'énergie hydraulique à bas prix ; d'autre part, sur les lignes à fort trafic, où elle permet la remorque rapide de trains très lourds et par conséquent augmente le débit de la ligne, et pour lesquelles les dépenses relatives aux installations fixes ramenées à la tonne-kilomètre transportée sont plus réduites.

Il faut ensuite choisir le dispositif le mieux adapté à l'exploitation considérée. En dehors des systèmes à applications peu étendues où la locomotive est indépendante d'une ligne de transport d'énergie (locomotive diesel-électrique), on rencontre principalement la traction par courant continu 1.500 à 3.000 volts, par courant monophasé 10.000 à 15.000 volts et par courants triphasés à 5.000 volts. Cependant, en suite à l'utilisation du courant continu faite sur une grande échelle aux Etats-Unis, ce système de traction tend à se généraliser ; c'est ainsi qu'il a été adopté à la tension de 1.500 volts pour l'électrification des grands réseaux de chemins de fer français. Le courant monophasé se rencontre principalement en Suisse et en Allemagne, le triphasé en Italie.

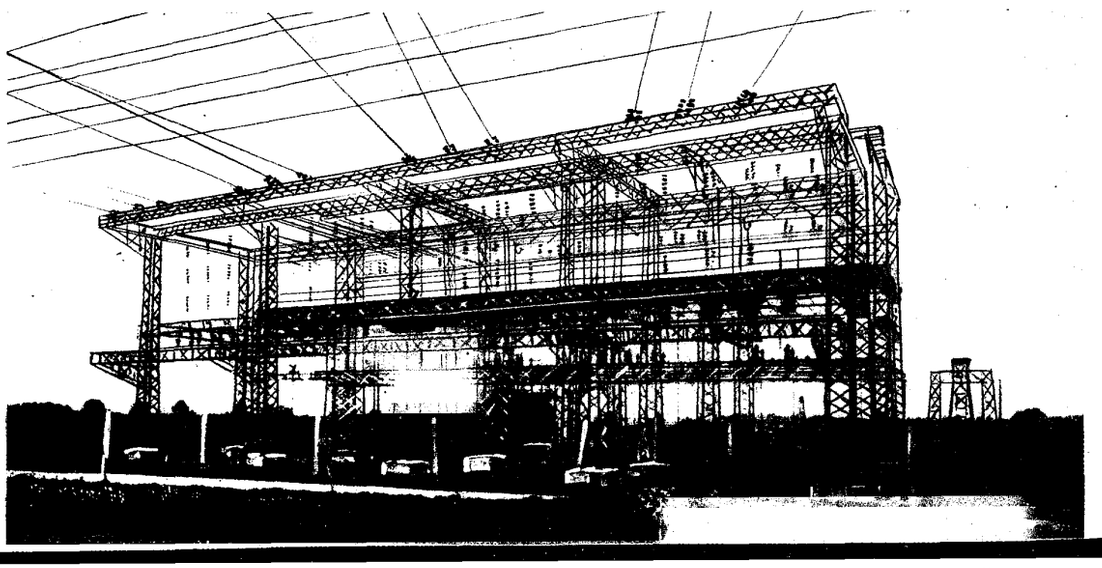
Un problème délicat à résoudre, surtout pour les locomotives à grande vitesse, est celui de la transmission de l'effort moteur aux essieux : il faut réduire au minimum le poids non suspendu, avoir un centre de gravité à hauteur convenable pour l'inscription dans les courbes et des organes en mouvement bien équilibrés, ce qui conduit à la commande individuelle des essieux par accouplement élastique.

Le freinage par récupération est généralement appliqué.

Le tableau suivant donne les principales caractéristiques de quelques locomotives actuellement en service.

Il s'agit là de locomotives destinées à remplacer les locomotives à vapeur pour la remorque de trains de voyageurs ou de marchandises ordinaires. Mais, pour le transport des voyageurs sur des lignes entièrement électrifiées, on a conçu des trains légers découpables permettant de réaliser, même avec des arrêts fréquents, des vitesses commerciales élevées. C'est ainsi que les chemins de fer de l'Etat français ont en construction des rames articulées (2 voitures, 3 boggies), à accouplement automatique, pesant 64 tonnes

Poste de 90.000 volts de Chateauroux - Ligne du P. O.



http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Réseau	Système d'Alimentation	Poids Total	Puissance unihoraire	Vitesse maximum
P. O. - Midi	Continu 1500 v.	136 tonnes	4500 CV	140 km.-h.
P. L. M.	Continu 1500 v.	159 —	5400 —	130 —
Etat Italien	Continu 3000 v.	112 —	2400 —	140 —
Etat Allemand	Monophasé 15.000 v.	112 —	4300 —	130 —
Saint-Gothard	Monophasé 15.000 v.	245 —	8000 —	100 —
Great Northern Ry	Monophasé - continu	337 —	4400 —	72 —

à vide pour 260 places offertes, équipées avec 6 moteurs de 250 chevaux et devant atteindre une vitesse de 140 km.-h.

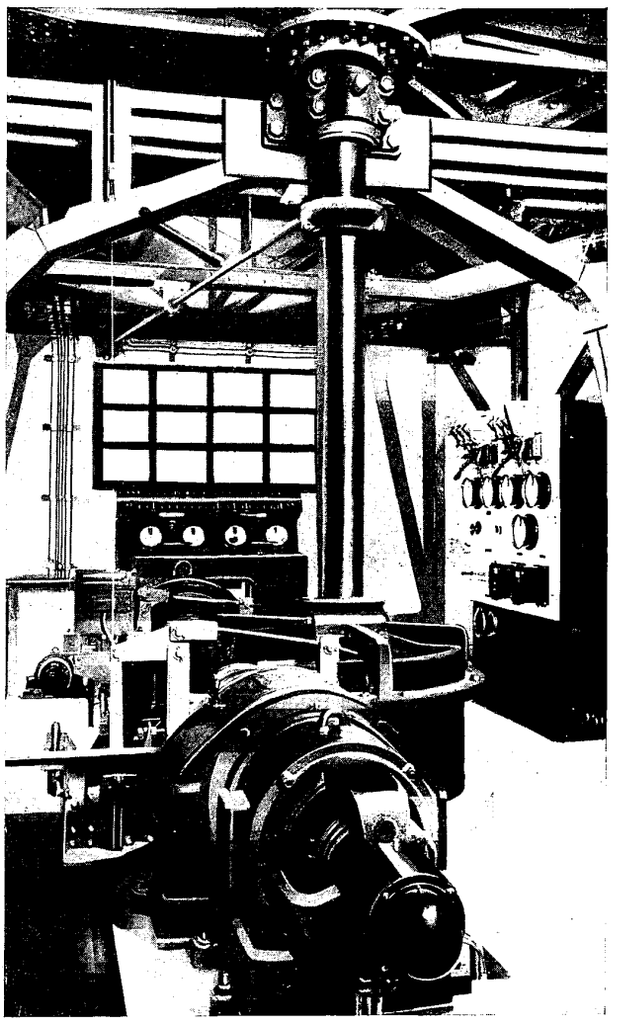
On doit conclure que, pour les transports à grandes distances, la traction électrique a un champ d'action limité, mais fort intéressant, et que, contrairement à ce que l'on a tendance à croire, la France occupe une bonne place dans cette branche de l'industrie. Il ne faut pas oublier non plus, que l'origine de la grande traction électrique remonte aux essais effectués dès 1893 par Auvert sur le P. L. M. (locomotive à accumulateurs) et par Heilmann sur l'Ouest (locomotive thermo-électrique).

IV. — **Applications spéciales de la traction électrique**

Certaines applications de la traction électrique qui n'ont d'ailleurs atteint jusqu'à présent qu'un développement très limité, sortent des caractéristiques générales que nous venons d'examiner.

Tels sont par exemple :

— Les funiculaires dans lesquels un treuil mû électriquement remorque sur rails un véhicule auquel un deuxième fait contre-poids ; les téléphériques de conception analogue, mais avec cabines ou vagonnets suspendus à des câbles aériens pour le transport des personnes ou des

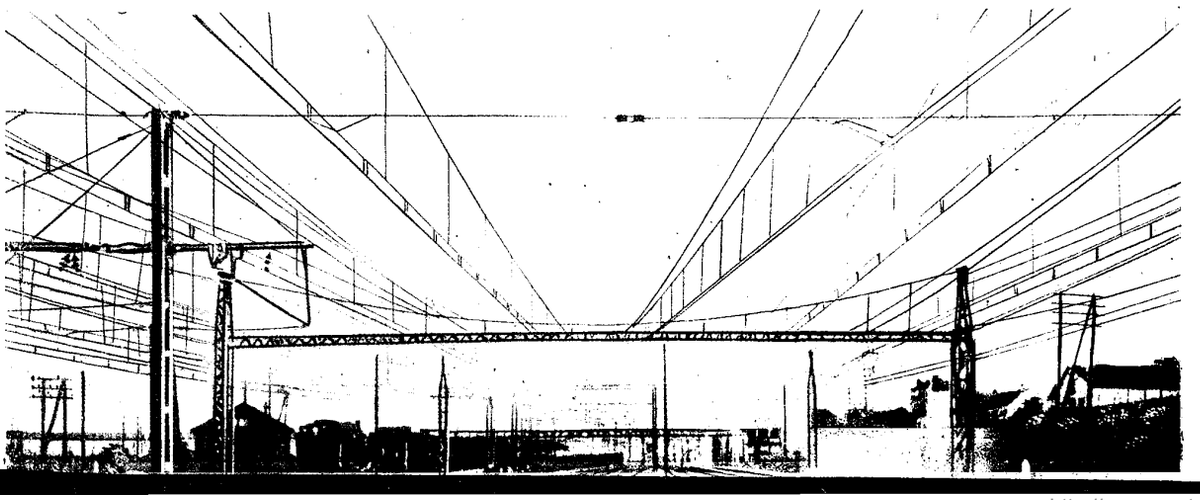


Cliché Matériel S W

Ci-contre :

Equipement électrique du Téléphérique de Mégève-Rochebrune. Un groupe Léonard de 57 CV alimentant le moteur principal à courant continu de 50 CV.

Ci-dessous : Un aspect de la ligne électrifiée Orléans-Vierzon



http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Cliché Matériel S W. Tracteur électrique de halage sur pneumatiques en service sur le canal de la Marne au Rhin

minerais ; les installations de puits de mine où les bennes sont simplement suspendues au câble tracteur.

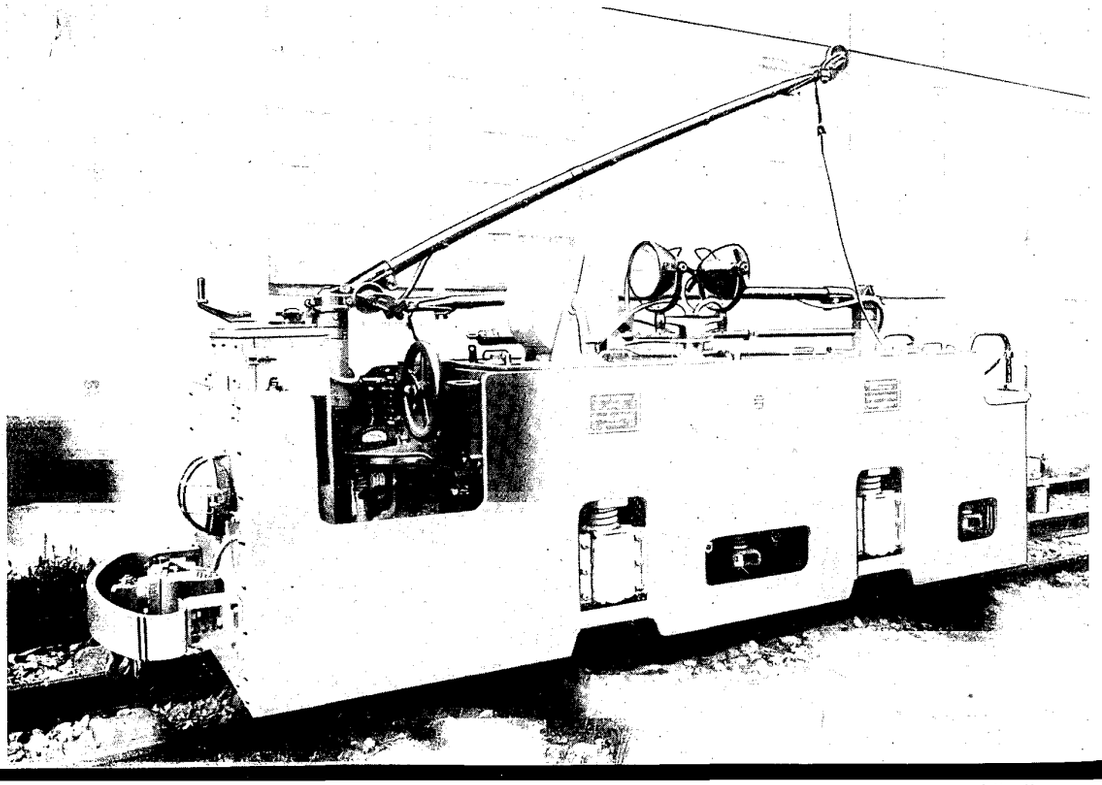
— Les transports industriels par chariots à accumulateurs et les transports miniers par locomotives à accumulateurs ou à prise de courant aérienne, construites spécialement pour présenter un faible encombrement et fonctionner à l'abri des poussières.

— Le halage des péniches, assuré par un tracteur à prise de courant aérienne, circulant sur voie ferrée.

— La propulsion des navires par l'intermédiaire d'une transmission électrique permettant d'attaquer les hélices sans arbres de grande longueur et de choisir, pour les turbines ou moteurs Diesel d'une part, et pour les hélices d'autre part, les vitesses les plus convenables. Une application remarquable en a été faite sur le paquebot « Normandie », qui comporte 4 moteurs d'hélice d'une puissance unitaire de 40.000 chevaux environ. L'électricité est par ailleurs tout naturellement employée pour l'alimentation par accumulateurs des moteurs de sous-marins en plongée.

G. Palanchon, E. C. L. (1911).

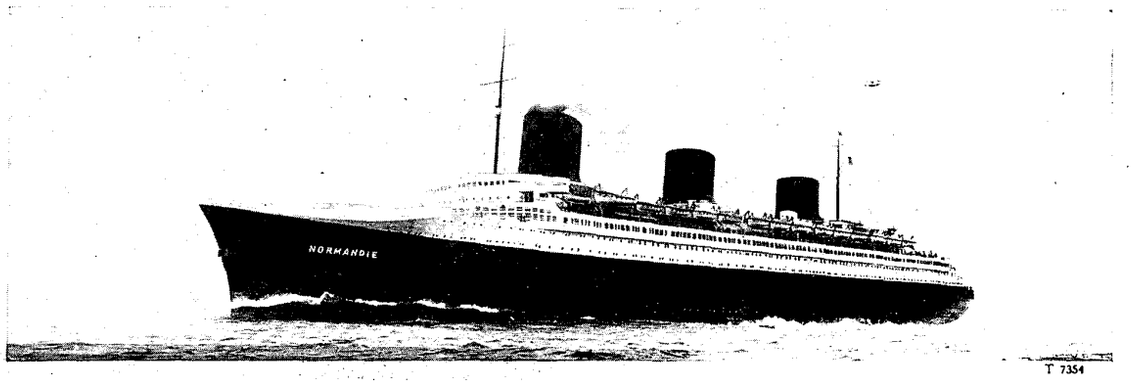
Cliché Matériel S W. — Locomotive de mine, 60 CV, 600 volts, 5 tonnes.



http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Les roulements S.K.F. dans les machines électriques auxiliaires du paquebot " Normandie "



Dans ce Paquebot géant, si grand que, pour qu'il puisse quitter Saint-Nazaire, il a fallu creuser et élargir le chenal d'accès à la rade, tous les détails ont fait l'objet d'études approfondies.

Les machines électriques à courant continu, construites par la Société Alsthom, et qui équipent la presque totalité des machines auxiliaires, nous en fournissent un exemple.

Les moteurs des pompes de toutes sortes, ceux des ventilateurs, des treuils, de l'appareil à gouverner, les machines diverses, tout a été spécialement étudié pour le Paquebot « Normandie », en vue de le doter d'un matériel nouveau, ayant bénéficié de tous les progrès de la technique.

En particulier toutes ces machines, qui sont au nombre de 147, et dont la puissance totale dépasse 11.000 ch., sont montées sur roulements à billes ou à rouleaux SKF.

Même en restant dans le domaine restreint de l'étude des paliers de ces machines, nous ne saurions les décrire toutes en détails. Nous les classerons donc en trois groupes :

les machines à axe vertical,
les machines à axe horizontal,
les machines spéciales,

et nous donnerons pour chaque groupe quelques indications au sujet de l'équipement des paliers.

L'aspect de cette série de machines verticales est donné par les photographies reproduites fig. 1 et 2. Comme on le voit sur ces photographies,

I. — Les machines électriques à axe vertical

Ce groupe comprend 56 machines à courant continu, qui sont toutes des moteurs de pompes. En voici la nomenclature :

Nombre de moteurs	DESTINATION	Puissance unitaire en CV	Puissance totale en CV	Vitesse en tr./mn.
6	Pompes d'extraction principales de condensation.	52	312	850/1250
6	Pompes d'extraction auxiliaires de condensation.	5,2	32	1300/1600
4	Pompes pour les réfrigérants d'air et d'huile des moteurs principaux et des alternateurs.	115	460	800/1200
2	Pompes pour les réfrigérants d'air et d'huile des turbo-dynamos.	50	100	1200/1700
2	Pompes de ballast.	68	136	1100/1500
3	Pompes de cales.	45	135	1100/1600
2	Pompes à eau de toilette.	40	80	1150/1650
2	Pompes à eau potable.	12	24	1400/1900
5	Pompes à incendie.	175	875	1300/1900
2	Pompes de transfert de mazout.	50	100	1500
10	Pompes des brûleurs de mazout.	16	160	1680/2400
6	Pompes à huile.	6	36	430/530
6	Pompes à huile.	35	210	330/450
56	machines, d'une puissance totale de :		2660 CV	

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

suivant leur disposition à bord, certains moteurs sont prévus pour un démontage vertical, permettant de sortir l'induit par le haut, alors que d'autres ont la culasse de flasques en deux parties pour démontage latéral.

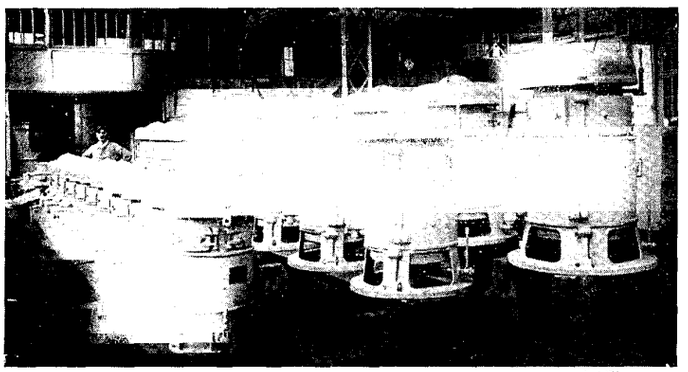


Fig. 1

Les paliers sont du type à roulements graissés à l'huile par barbottage.

Dans les plus petits moteurs, le palier supérieur est constitué par un roulement à billes à gorges profondes, série 6200 SKF, prévu pour supporter à la fois la charge axiale et la charge radiale.

Dans les plus gros moteurs de cette série, le palier supérieur est constitué par un roulement

Fig. 2

à rouleaux cylindriques SKF, qui supporte la charge radiale et un roulement à billes à gorges profondes série 6300 SKF, qui supporte la charge axiale.

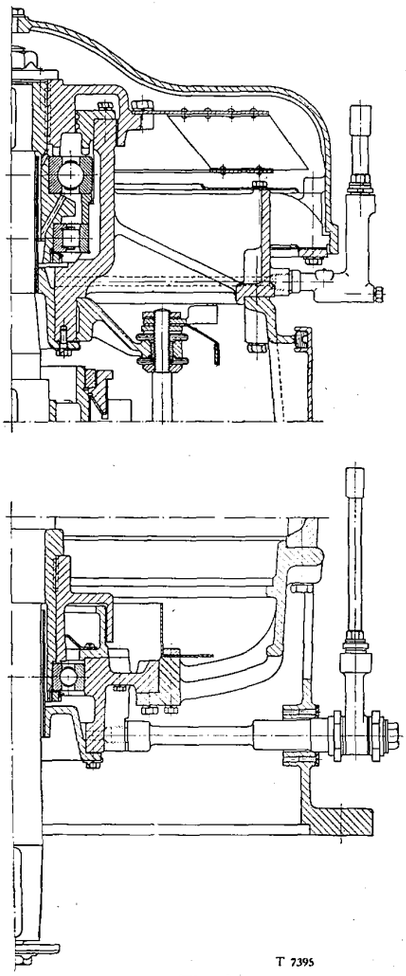


Fig. 3

Le montage réalisé dans un des moteurs est donné à la fig. 3. Le roulement à rouleaux cylindriques SKF NL 100 supporte uniquement la charge radiale. Le roulement à billes et à gorges porfondes SKF 8318 monté en butée, supporte uniquement la charge axiale. On remarquera que dans ce but, le diamètre de sa bague extérieure est entièrement dégagé, de sorte qu'aucune charge radiale n'est transmise au roulement. Par contre, cette bague est épaulée latéralement de façon que le roulement absorbe la poussée axiale.

La bague extérieure du roulement à rouleaux cylindriques est montée à ajustement serré dans le logement et bloquée latéralement. Les bagues intérieures des deux roulements sont ajustées avec un léger serrage sur un manchon claveté en bout d'arbre et bloquées latéralement. Ce manchon a pour but de permettre de placer entre l'arbre et l'alésage des roulements, un tube retenant l'huile de graissage dans le palier.

Un niveau est prévu, sur la glace duquel un trait rouge indique le niveau d'huile à respecter. Ce niveau d'huile passe un peu au-dessus du plan horizontal du roulement à rouleaux cylindriques.

Pour graisser le roulement à billes supérieur, le manchon est percé de lumières obliques qui, formant pompe, montent l'huile jusqu'au roulement. Des canaux de retour fraisés dans le corps de palier ramènent à la partie inférieure l'huile qui a pu franchir le roulement. Un tel palier bien réglé est très étanche. Les lumières obliques formant pompe ont tendance à empêcher l'huile de fuir par le tube central. D'autre part, à la partie supérieure, l'étanchéité est renforcée par une double chicane constituée par le moyeu même du ventilateur.

Quant au palier inférieur dont le principe est le même pour tous les moteurs de cette série, il est

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

II. — Les machines électriques à axe horizontal

Ce groupe comprend 68 machines à courant continu dont voici la nomenclature :

Nombre de machines	DESTINATION	Puissance unitaire en CV	Puissance totale en CV	Vitesse en tr./mn.
9	Ventilation des moteurs d'hélices.	55	495	700/850
2	Ventilation des chaufferies.	22	44	410/925
21	Ventilation des chaufferies.	77	1617	620/1380
1	Conditionnement d'air.	220	220	500/900
1	— —	40	40	1300
2	— —	17	34	325
2	— —	8	16	310
6	Pompes de circulation auxiliaire de condenseurs.	49	294	750/950
12	Treuils d'embarcations.	20	240	1100
2	— —	20	40	1100
2	— —	30	60	1100
2	— —	7,5	15	1100
3	Appareils à gouverner.	65	195	650
1	Vireur des turbo-alternateurs.	10	10	1500
2	Génératrices de secours.	200	400	1100
68	Machines, d'une puissance totale de :		3720 CV	

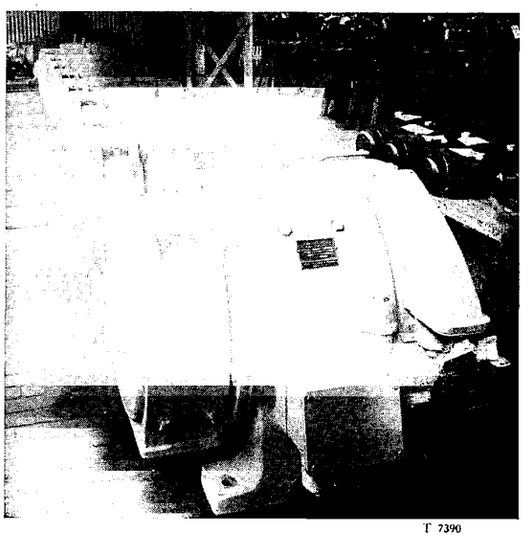
7398

équipé avec un roulement à billes à gorges profondes SKF série 6200.

Dans l'exemple de la fig. 3, c'est un roulement 6219 SKF monté sur un manchon claveté qui équipe le palier inférieur du moteur. La bague extérieure, montée à ajustement glissant dans son logement, a ses faces entièrement dégagées de façon que le roulement ne puisse subir aucune poussée axiale.

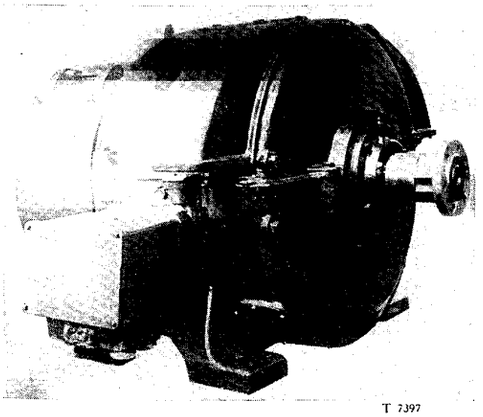
Le graissage se fait par barbottage. Un niveau permet de vérifier qu'au repos le niveau d'huile est correct. L'étanchéité du palier est réalisée, d'une part à l'aide du tube central entre l'arbre et le manchon et d'autre part, par un déflecteur et un joint en chicane.

Les photographies reproduites aux fig. 4 et 5 donnent l'aspect de ces machines horizontales. Les moteurs sont, soit du type « protégé » contre les chutes d'eau, avec ouvertures grillagées, soit du type « fermé ».



T 7390

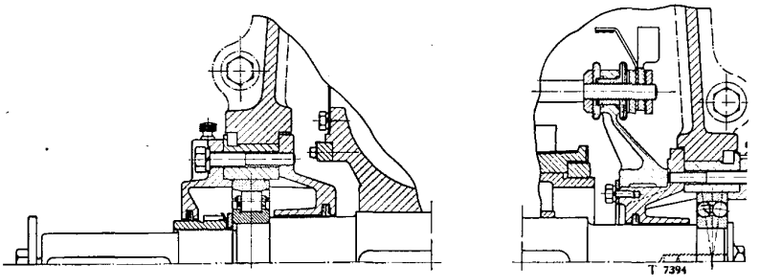
Fig. 5



T 7397

Fig. 4

Pour les petites machines, les culasses et les fonds-paliers sont en une seule pièce. Pour les machines de grandes dimensions, les culasses et les flasques-paliers sont en deux parties avec joint



T 7394

Fig. 6

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

III. — Les machines spéciales

Dans ce groupe, nous avons rangé les machines suivantes :

Nombre de machines	DESTINATION	Puissance unitaire en CV	Puissance totale en CV	Vitesse en tr./mn.
8	Applications diverses.		190	
5	Excitatrices des alternateurs.	190	950	1000
5	Moteurs des groupes d'excitation.	480	2400	1000
5	Excitatrices des moteurs d'hélices.	240	1200	1000
23	machines d'une puissance totale de :		4740 CV	

horizontal pour faciliter les démontages. Les paliers du type à roulements à billes ou à rouleaux sont prévus soit avec graissage, à la graisse soit avec graissage à l'huile suivant les cas. Pour ceux qui sont graissés à la graisse, nous avons recommandé d'utiliser notre graisse SKF-28. Pour les autres, le graissage à l'huile est prévu par barbottage, avec une huile minérale de première qualité.

La fig. 6 donne la coupe des paliers d'un des moteurs de 22 CV utilisés dans la ventilation des chaufferies. Le montage est prévu côté accouplement avec un roulement à rouleaux cylindriques SKF NM-80, et avec un roulement SKF 1313 à rotule sur billes, côté collecteur. C'est ce dernier roulement qui fixe longitudinalement la position de l'induit. C'est pourquoi sa bague extérieure est épaulée latéralement. Dans le palier côté accouplement, la bague intérieure du roulement à rouleaux est montée avec un léger serrage sur sa portée et bloquée latéralement contre l'épaulement de l'arbre par un écrou freiné. La bague extérieure montée fixe, cote pour cote, dans le logement est épaulée latéralement par les couvercles du palier.

L'étanchéité des paliers est réalisée avec des feutres qui donnent entière satisfaction, étant donné la vitesse relativement faible (410/925 tr./mn.) de ces moteurs.

Le graissage peut se faire soit à la graisse SKF-28, soit à l'huile.

De toutes ces machines, les plus intéressantes sont les groupes d'excitation des turbo-alternateurs et des moteurs d'hélices.

La fig. 7 représente la vue en élévation d'un de ces cinq groupes identiques, qui tournent à 1000 tr./mn. et sont composés chacun de :

Excitatrice de turbo alternateur (à droite sur la figure), capable de fournir le courant nécessaire à l'excitation d'un alternateur de propulsion.

Puissance en service continu : 120 kw., sous 150 v. - 800 a.

Excitatrice de moteur d'hélice (à gauche sur la figure), capable de fournir le courant nécessaire à l'excitation d'un moteur de propulsion.

Puissance en marche permanente : 150 kw. sous 150 v - 1000 a.

Un moteur (au milieu), à courant continu, alimenté sous 220 v.

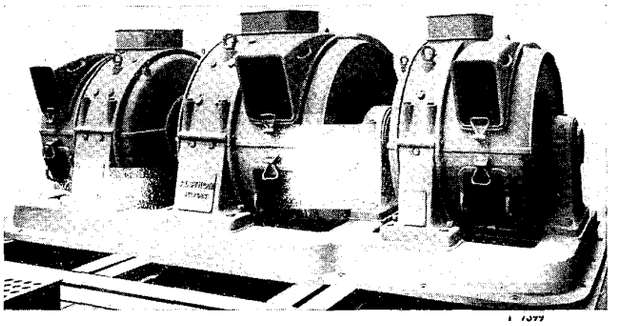


Fig. 8

Puissance en marche permanente : 475 CV, 1700 a.

Ce moteur est en outre capable de fournir les surcharges des excitatrices.

Les trois machines du type semi-fermé, abritées contre les chutes d'eau, avec ouvertures de ventilation grillagées, forment un groupe à 4 paliers montés sur un socle commun.

La photographie de ce groupe est donnée fig. 8.

Au milieu : le moteur.

A gauche : l'excitatrice d'un turbo-alternateur.

A droite : l'excitatrice d'un moteur d'hélice.

Le palier que l'on voit entre le moteur et l'ex-

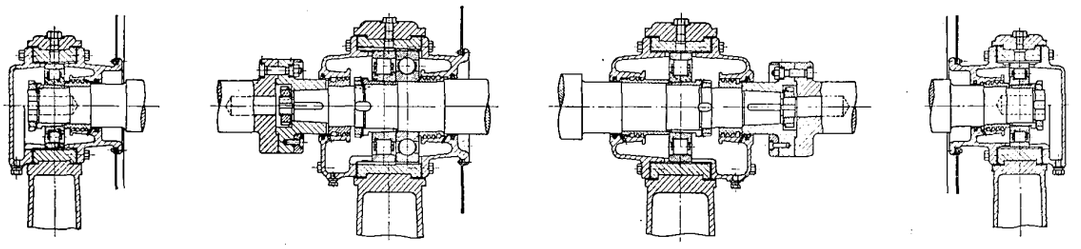


Fig. 7

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

citatrice de droite est le palier de butée de la ligne d'arbre.

Le palier de butée (fig. 7) est équipé avec un roulement à rouleaux cylindriques SKF NM-110-K et un roulement à billes et à gorges profondes SKF, N° 6322, montés côte à côte.

Le roulement à rouleaux est monté sur l'arbre par l'intermédiaire d'un manchon conique de démontage AH-22. Ce manchon permet de bloquer très énergiquement la bague intérieure du roulement, tout en permettant un démontage facile. A cet effet, le talon du manchon porte un filetage sur son diamètre, ce qui permet d'y fixer commodément l'extracteur. Ce manchon conique est bloqué par un écrou muni d'un frein.

La bague extérieure du roulement à rouleaux est épaulée d'une part par le couvercle du palier, et d'autre part par la bague extérieure du roulement SKF 6322. Comme ce roulement à billes et à gorges profondes ne doit supporter qu'une charge purement axiale, sa bague extérieure est entièrement dégagée au diamètre. Un chambrage a été pratiqué à cet effet dans le logement.

Le graissage de ce palier a été prévu à l'huile par barbottage. Le niveau de l'huile au repos passe un peu au-dessous du centre du rouleau le plus bas. Un niveau à tube de verre marqué d'un trait rouge permet de constater que le niveau d'huile est correct.

On remarquera le soin avec lequel l'étanchéité de ce palier a été étudiée pour, d'une part, empêcher les rentrées de poussières abrasives jusqu'aux roulements et, d'autre part, éviter les fuites d'huile.

L'huile projetée sur les parois internes du palier par la rotation des roulements est recueillie par des larmiers qui l'empêchent en grande partie de retomber sur l'arbre et la conduisent au bain d'huile inférieur. La petite quantité d'huile qui a pu cheminer sur l'arbre rencontre le filetage à filets carrés des douilles d'étanchéité. Ce filetage étant de sens inverse au sens de rotation de l'arbre, agit à la façon d'une pompe, et refoule l'huile vers l'intérieur du palier.

L'huile qui aurait pu franchir ce filetage est recueillie dans une gorge annulaire percée d'un canal oblique, qui la ramène au bain inférieur. Enfin, les feutres, frottant sur l'arbre, viennent parfaire cette étanchéité.

Pour permettre de démonter les rotors en laissant les roulements montés sur l'arbre, le corps de palier est en deux pièces, avec joint horizontal. Les roulements sont montés dans un boitard qui vient se loger dans le corps de palier et dans lequel il est maintenu latéralement par deux épaulements. Le même dispositif de fixation est utilisé pour les 4 paliers du groupe.

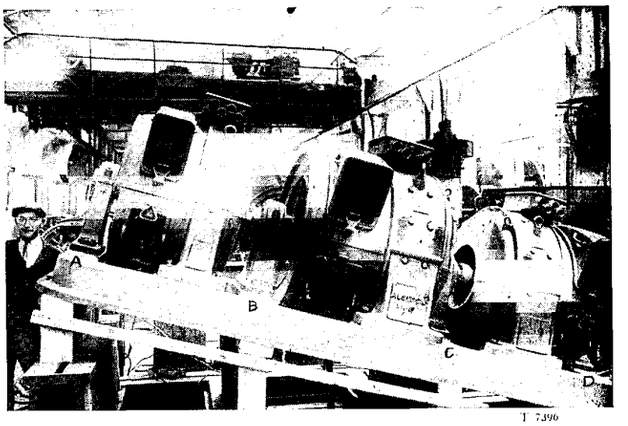


Fig. 9

Le roulement à billes et à gorges profondes 6322 a d'assez fortes poussées à absorber, car l'inclinaison longitudinale de l'arbre du groupe peut atteindre 16°.

La fig. 9 montre le groupe installé à la plateforme de la Société Alsthom à Belfort, pendant qu'il effectue ses essais d'endurance sous cette inclinaison maxima de 16°.

Quant aux trois autres paliers du groupe, ils sont équipés chacun avec un roulement à rouleaux cylindriques SKF. Le second palier de l'arbre du moteur (fig. 7 C) est équipé avec un roulement SKF NM-110 K, identique à celui du palier de butée. La fonte de ce deuxième palier est d'ailleurs la même que celle du palier de butée, le centrage des couvercles étant seulement plus long puisqu'il n'y a qu'un roulement à épauler.

Les deux paliers d'extrémité sont équipés avec des roulements SKF NM-90 K (fig. 7 A-D). On voit que la conception de ces paliers est la même que celle du palier de butée.

Le blocage du roulement à rouleaux sur l'arbre est fait au moyen d'un manchon conique de démontage, et les mêmes précautions ont été prises pour assurer une étanchéité parfaite du palier.

Les roulements qui équipent les paliers des moteurs électriques des machines auxiliaires du Paquebot « Normandie » ne sont qu'un tout petit détail dans la construction de ce grand navire. Et cependant, la courte étude que nous venons d'en faire permet de voir avec quel soin ce tout petit détail a été traité.

Rien d'étonnant que, ce souci de perfection étant étendu à tous les domaines de la construction de cette magnifique ville flottante, les Chantiers de Penhoet et la Compagnie Générale Transatlantique aient réalisé une véritable merveille.

H. Seguin, *SKF Nancy...*

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

COMPAGNIE LYONNAISE DES

ASCENSEURS ROUX-COMBALUZIER

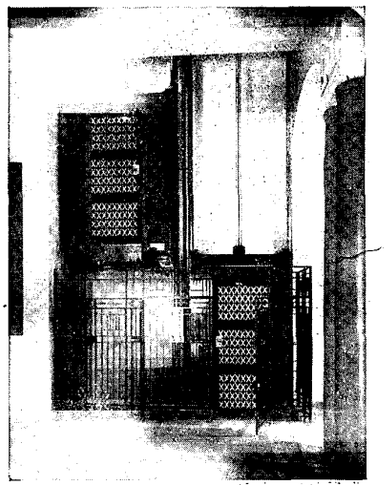
3, rue Jubin et 17, rue des Charmettes

Téléphone : L. 10.00 **LYON-VILLEURBANNE** Téléphone : L. 10 00

ASCENSEURS

MONTE-CHARGES

MONTE-VOITURES



ESCALIERS MECANIQUES

TAPIS GLISSANTS

COMMANDE ELECTRIQUE DE PORTAIL

COMPAGNIE DU GAZ DE LYON : L'un des 2 GROUPES DES 2 ASCENSEURS

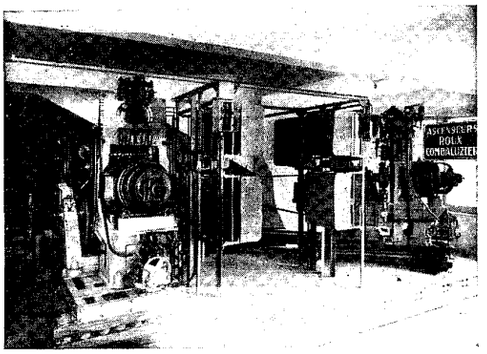
Charge : 600 kilogrammes

Vitesse : 1m 10 seconde

Manœuvre " Universelle " à boutons

Mise à niveau automatique

Vitesse : 0m 10



Renvoi automatique

Plancher mobile

Eclairage automatique

Fermeture automatique des portes de cabine

Signalisation lumineuse

AGENCES

AIX-LES-BAINS
CLERMONT-FERRAND
DIJON
GRENOBLE
VICHY
ST-ETIENNE
ROANNE

ENTRETIEN — RÉPARATIONS — TRANSFORMATIONS

d'Appareils de Toutes Marques

DEVIS ET RENSEIGNEMENTS GRATUITS

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Canalisations souterraines de transport d'énergie

par M. A. NOIRCLERC, Ingénieur E.C.L

Le développement de l'industrie électrique, qui a nécessité l'introduction à l'intérieur des agglomérations de puissances de plus en plus grandes, a donné naissance à l'industrie de la fabrication des canalisations souterraines de transport d'énergie. Cette industrie s'est développée d'une façon progressive et continue depuis son origine jusqu'à nos jours.

1° Aperçu de l'évolution de l'industrie des canalisations souterraines de transport d'énergie

Il est intéressant de rappeler quelques faits et quelques dates qui forment l'histoire de cette industrie.

A leurs débuts, les canalisations souterraines étaient constituées par des conducteurs posés sur des isolateurs, dans des caniveaux qui étaient remplis de brai ou de bitume, afin d'éviter l'envahissement des eaux. Ces canalisations ne pouvaient être utilisées que pour des transports d'énergie à basse tension.

Une première amélioration fut apportée; elle consista à recouvrir les conducteurs de jute imprégné de matière isolante à base d'huile et de résines.

Afin d'éviter l'emploi de caniveaux, les Américains ont réalisé des canalisations en plaçant les conducteurs recouverts de jute à l'intérieur de tuyaux en fonte remplis d'huile, dont les extrémités étaient obturées par des bouchons en matière isolante au travers desquels passaient les conducteurs. Ce dispositif, dit « Brook's System », a été rapidement abandonné, car il ne pouvait être utilisé d'une manière pratique que pour des canalisations de faible longueur.

Pour réaliser des canalisations économiques importantes, il était indispensable de pouvoir protéger les conducteurs isolés en les plaçant dans une gaine étanche continue et souple.

En 1879, François Borel fait les premiers essais de mise sous gaine de plomb; il entoure les conducteurs isolés de feuilles de plomb soudées après mise en place. A peu près à la même époque, les Américains glissaient autour des conducteurs isolés des tubes de plomb qu'ils soudaient les uns aux autres.

En 1880, Borel a l'idée d'utiliser une presse hydraulique pour obtenir des gaines continues de grande longueur, sans aucune soudure.

En 1896, l'utilisation du jute imprégné et d'une gaine de plomb placée selon le procédé Borel, permet de fabriquer les premiers câbles ayant une tension de service de 3.500 volts, pour la « Société des Forces Motrices du Rhône ».

En 1899, le remplacement du jute par du papier, dont la rigidité diélectrique est plus élevée, permet de poser des câbles à 5.000 volts sur la ligne des « Invalides » à « Versailles ».

En 1904, on pose des câbles de 10.000 volts à 15.000 volts.

En 1906, « L'Energie du Littoral Méditerranéen » pose à Toulon une canalisation souterraine d'essai ayant une tension de service de 30.000 volts.

En 1912, les premières canalisations importantes à 30.000 et à 45.000 volts sont mises en service.

En 1922, « l'Union d'Electricité » qui était mise dans l'obligation d'améliorer la distribution de la force motrice dans la région parisienne, établit un réseau de câbles souterrains fonctionnant sous la plus haute tension de service pratiquement réalisable à cette époque, soit 60.000 volts. Après de nombreux essais et plusieurs mises au point, consécutives aux progrès réalisés, la pose de ces câbles s'est développée rapidement ; plus d'un millier de kilomètres, est actuellement en service.

En 1927, la « Commonwealth Edison Company » étudiant la distribution de force motrice dans la ville de Chicago sous une tension de 132.000 volts, organise un concours entre les fabricants d'Amérique et d'Europe; des câbles d'essai de différentes provenances sont mis en service.

La technique des câbles réalise des progrès si rapides que l'Union d'Electricité, ayant envisagé le prolongement à l'intérieur de Paris d'une ligne aérienne à 220.000 volts au moyen d'une canalisation souterraine, voit ce projet actuellement en cours de réalisation.

Il est indispensable d'ajouter, pour compléter ce rapide historique, que parallèlement à l'industrie des câbles de transport d'énergie isolés au papier imprégné, s'est développée celle des câbles isolés avec du caoutchouc. Le caoutchouc présente sur le papier imprégné le grand avantage de ne pas absorber l'humidité, de sorte qu'il est possible d'utiliser des conducteurs isolés sans aucune protection hydrofuge, et sans qu'il soit utile de placer à leurs extrémités des boîtes remplies de matière isolante; par contre, sa valeur diélectrique est très inférieure à celle du papier imprégné, et il résiste moins bien à l'action du temps. C'est pourquoi les câbles isolés avec du caoutchouc sont utilisés dans les installations intérieures, mais non pour les transports d'énergie proprement dit.

2° Câbles ordinaires de transport d'énergie actuellement en usage

Les câbles de distribution d'énergie en courant à basse tension peuvent, suivant leur usage, comprendre un, deux, trois, quatre ou cinq conducteurs à section circulaire. A l'étranger, aux Etats-Unis, en Angleterre et en Allemagne on préconise parfois des conducteurs en forme

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

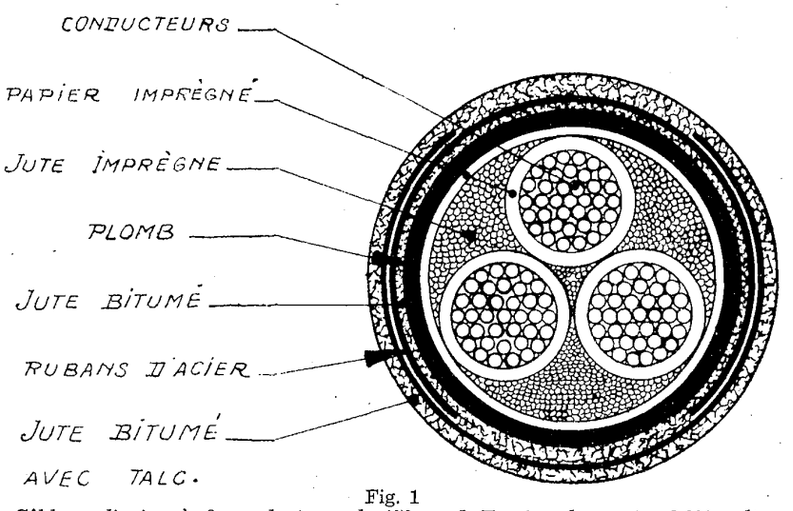


Fig. 1
Câble ordinaire à 3 conducteurs de 150 mm². Tension de service 3.000 volts

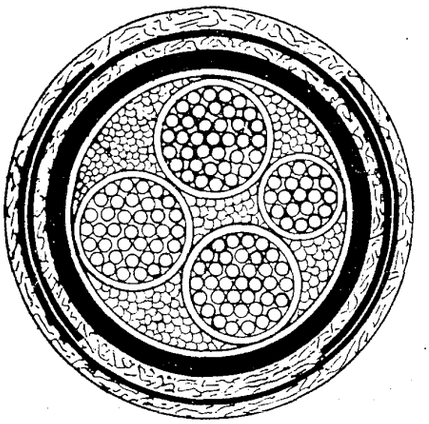


Fig. 2
Câble ordinaire à 4 conducteurs
dont 3 de 150 mm² et 1 de 75 mm²
Tension de service : 1.000 volts

de secteurs qui permettent d'obtenir des diamètres extérieurs plus faibles, mais qui donnent des câbles moins souples *(fig. 3)*.

Les transports d'énergie étant faits généralement en courant triphasé, les canalisations souterraines à haute tension comportent presque toujours trois conducteurs; toutefois, les réseaux de distribution en courant diphasé utilisent des câbles à haute tension à quatre conducteurs, mais leur emploi est assez limité.

Jusqu'à des tensions de service de 30.000 à 35.000 volts, les trois conducteurs sont réunis dans un même câble; pour des tensions de service supérieure, il est préférable d'utiliser trois câbles à un seul conducteur, ce qui donne une sécurité d'exploitation plus grande. On a cependant posé des câbles ordinaires à trois conducteurs ayant une tension de service de 45.000 volts; néanmoins le réseau à 60.000 volts de l'Union d'Electricité est constitué par des câbles à un seul conducteur *(fig. 4)*.

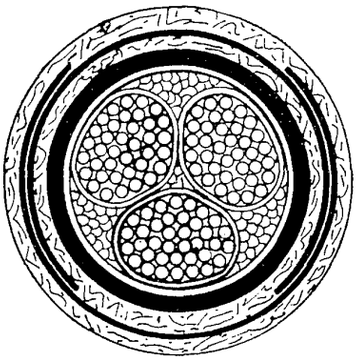


Fig. 3
Câble à 3 conducteurs
de 150 mm² de forme sectorale
Tension de service : 1.000 volts

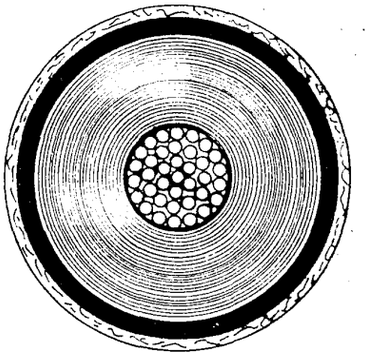


Fig. 4
Câble à 1 conducteur de 150 mm²
Tension de service : 60.000 volts

Dans un câble, les conducteurs sont entourés d'une gaine isolante en papier imprégné; ainsi isolés, ils sont câblés ensemble, les intervalles étant garnis de ficelle en jute ou en papier; l'ensemble est recouvert d'une gaine isolante en papier.

Afin d'éviter que l'isolant absorbe de l'humidité, les câbles sont entourés d'une gaine étanche souple et continue, en plomb.

Un revêtement extérieur assure une protection

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

mécanique de cette gaine et la protège contre les corrosions. Ce revêtement est obtenu par un matelas de jute imprégné de matière hydrofuge, sur lequel on enroule des feuillards ou des fils d'acier; à l'extérieur, on place un second matelas de jute imprégné de la même matière qu'on saupoudre de talc ou d'une matière analogue, afin d'éviter que les spires des câbles ne se collent entre elles après enroulement sur un touret. On augmente parfois la protection contre les corrosions, en entourant la gaine de plomb de rubans de papier bitumé.

Les câbles à un conducteur utilisés pour les distributions en courant alternatif ne peuvent pas être protégés par des feuillards en acier ; par suite des courants de Foucault et des phénomènes d'hysterésie magnétique il se produirait un échauffement exagéré.

Il faut remarquer que dans les câbles à trois conducteurs en service dans les réseaux fonctionnant avec le neutre réuni à la terre, la différence de potentiel entre un conducteur et la gaine de plomb est égale à la tension simple, et entre deux conducteurs la différence de potentiel est égale à la tension composée; il en résulte que l'épaisseur totale de l'isolant entre un conducteur et la gaine peut être plus faible que l'épaisseur totale de l'isolant entre deux conducteurs. Il n'en est pas de même lorsque le réseau fonctionne avec le neutre isolé; si un conducteur est mis accidentellement à la terre, il peut exister entre un conducteur et la gaine une différence de potentiel égale à la tension composée; dans ce cas, l'épaisseur d'isolant entre les conducteurs et la gaine doit être du même ordre de grandeur que l'épaisseur d'isolant entre conducteurs.

Dans les câbles à un conducteur utilisés en courant triphasé la différence de potentiel entre le conducteur et la gaine de plomb est égale à la tension simple, lorsque le neutre est réuni à la terre, ce qui est le cas général des réseaux à très haute tension. C'est ainsi que dans les câbles à un conducteur pour tension de service 60.000 volts du réseau de l'Union d'Electricité, la différence de potentiel entre le conducteur et la gaine a pour valeur 34.600 volts.

3° Matières premières utilisées actuellement dans la fabrication des câbles souterrains de transport d'énergie.

Conducteurs.

Les conducteurs sont constitués généralement par des fils de cuivre câblés; les progrès réalisés dans les procédés de raffinage du cuivre, en particulier l'utilisation du raffinage électrolytique, ont permis d'obtenir un métal dont la pureté est telle que la teneur en cuivre pur est voisine de 99,95 %.

A l'époque où le cours du cuivre était très supérieur aux cours actuels, l'utilisation de l'aluminium pouvait présenter un certain intérêt; de nos jours son emploi est limité à des cas très particuliers.

Papier.

Le papier, qui était considéré tout d'abord comme un simple support de la matière isolante, a un rôle primordial.

L'ingénieur italien Emmanuelli a constaté il y a quelques années que la rigidité diélectrique d'un papier, était d'autant plus élevée qu'il était plus imperméable; cette imperméabilité est obtenue par le choix des fibres, et par le traitement qu'elles subissent au cours de la fabrication.

Le papier utilisé est constitué de fibres de manille et de pin. Afin d'obtenir une grande souplesse, la proportion en manille était d'abord très élevée; pour avoir une imperméabilité suffisante, il a été nécessaire d'augmenter celle en fibres de pin (pâte kraft).

Le traitement des fibres au cours de la fabricaton a une grande influence sur les caractéristiques du produit obtenu. Si le lessivage est très poussé, la composition de la pâte se rapproche de celle de la cellulose, mais sa résistance mécanique est faible. Du raffinage dépend le degré d'imperméabilité du papier, qui ne doit être ni chargé, ni collé, afin d'avoir un grand pouvoir absorbant.

Matière d'imprégnation.

La matière utilisée pour l'imprégnation est un mélange d'huile minérale et de résines.

A l'origine de la construction des câbles souterrains, on recherchait principalement une résistance d'isolement élevée, qu'on obtenait en utilisant une très forte teneur en résines, ce qui rendait l'isolant cassant; on a constaté qu'il n'y avait pas de relation entre la résistance d'isolement et la tenue en service, c'est pourquoi on adopte actuellement juste la quantité qu'il convient, pour donner à la matière d'imprégnation une certaine viscosité et éviter qu'elle se déplace trop facilement à l'intérieur de l'isolant. D'ailleurs, pour certains câbles spéciaux on utilise comme matière d'imprégnation de l'huile minérale sans addition de résines.

Le choix des huiles utilisées doit être fait avec la plus grande circonspection; sous l'action du champ électrique, l'air qui peut subsister en quantité extrêmement faible dans l'isolant, s'ionise, c'est-à-dire que l'oxygène est transformé en ozone; cet agent oxydant très énergique, peut avoir sur certaines huiles une action chimique plus ou moins rapide et les transformer en un produit d'apparence cireuse dont la composition chimique est assez mal définie.

Gaine étanche.

La gaine étanche doit être souple, inaltérable, et facile à placer sur de grandes longueurs de câbles; comme métal d'utilisation pratique, le plomb et ses alliages à très forte teneur en plomb réalisent seuls les conditions exigées.

Le plomb utilisé est du plomb doux de première fusion dont la pureté est supérieure à 99,9 %. Quelques administrations prescrivent l'emploi d'alliages plomb-étain à faible teneur en étain (1 à 3 %) afin d'obtenir un métal plus dur, résistant mieux aux efforts mécaniques et aux corrosions chimiques et électrolytiques; toutefois, les avis sont assez partagés sur ce point.

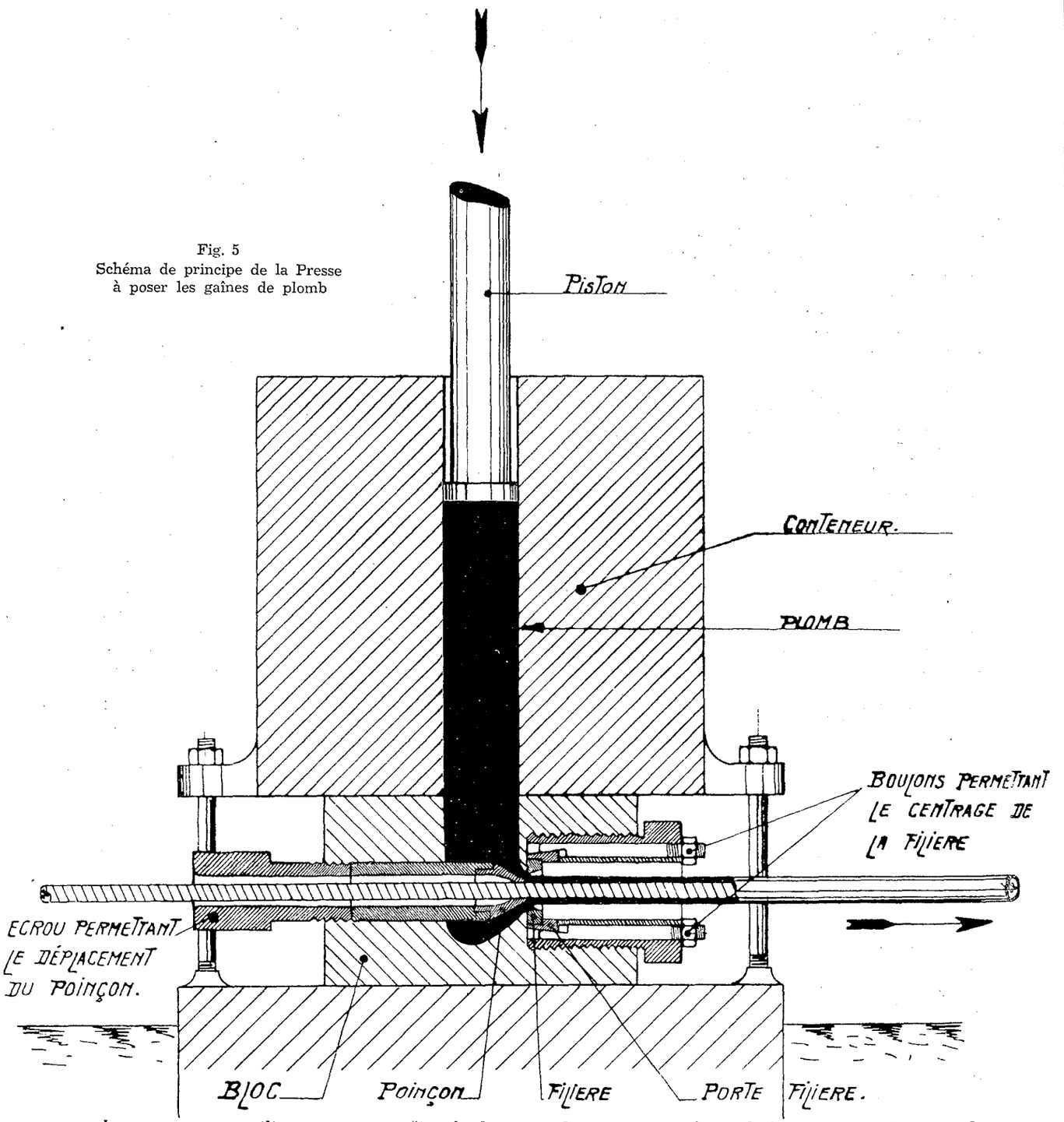
Matières protectrices.

Les feuillards et les fils métalliques qui assurent la protection mécanique sont en acier doux.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Fig. 5
Schéma de principe de la Presse
à poser les gaînes de plomb



Longtemps, on utilisa, comme matière hydrofuge, des goudrons et des brais de houille, mais ces produits contiennent en quantité assez importante des acides organiques (phénol et crésol) qui, dans certaines conditions, peuvent attaquer le plomb. Les goudrons végétaux, contenant de l'acide acétique et de la créosote, corrodent le plomb très rapidement et doivent également être rejetés.

On a remplacé ces différents produits par des matières à base de bitume naturel ou artificiel qui sont parfaitement neutres, remarquablement hydrofuges et n'ont aucune action sur le plomb. Ces matières doivent être choisies judicieusement, de telle sorte qu'elles ne coulent pas par la chaleur et que le froid ne les rende pas dures et cassantes, ce qui diminuerait ou même supprimerait leur pouvoir hydrofuge L'efficacité de ces revêtements rend moins utiles certains procédés qui ont été préconisés il y a quelques

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

années, et qui consistaient à produire sur la surface des gaines, une couche d'un composé de plomb plus résistant à l'action des différents agents chimiques.

4° Procédés de fabrication

Pose des papiers.

Le papier est posé autour des conducteurs en bandes de largeur relativement faible (de 5 à 40 m/m), enroulées en hélice. L'angle de l'hélice d'enroulement est fixé avec soin; de cet angle dépend en grande partie la souplesse des câbles. Afin d'obtenir un isolant très compact, la largeur des bandes de papier doit être déterminée de manière qu'une bande ne se recouvre pas, et que ses bords soient jointifs.

En général, et particulièrement lorsqu'il s'agit de câbles à haute tension, on utilise des papiers de perméabilités différentes, les papiers les moins perméables et par suite ayant la plus grande rigidité diélectrique étant placés directement sur les conducteurs, les papiers les plus perméables et par suite faciles à sécher et à imprégner étant placés à l'extérieur des câbles.

Imprégnation.

Il est reconnu qu'un isolant destiné à supporter un champ électrique intense, doit être non seulement exempt de toute trace d'humidité, mais doit également contenir le moins d'air possible qui aurait tendance à s'ioniser. Le papier et la matière d'imprégnation ne doivent donc être utilisés qu'après séchage et « désaération ».

Les conducteurs entourés de papier, sont placés dans des cuves où ils sont chauffés à la pression atmosphérique, et dans lesquelles on fait ultérieurement le vide tout en maintenant le chauffage. Le choix de la température est très important; plus elle est élevée, plus le séchage et la désaération sont faciles, mais si on dépasse un point critique, il se produit une décomposition de la cellulose, avec formation de produits gazeux, en particulier de vapeur d'eau.

Le mélange huile-résines est fait à l'air libre par brassage à température convenable, puis filtré, séché et désaéré par pulvérisation en fines gouttelettes sous vide poussé.

La matière ainsi traitée est introduite dans les cuves, sans que le vide soit supprimé.

Dans l'imprégnation des câbles à haute tension, qui comportent de fortes épaisseurs de papier imperméables, il est nécessaire d'exercer une pression importante sur la matière.

L'imprégnation terminée, on refroidit les câbles en évitant que la contraction ne produise à l'intérieur de l'isolant des régions exemptes de matière où se produirait, par suite de la faible pression et sous l'action du champ électrique, une ionisation plus ou moins intense.

Mise sous gaine de plomb.

La mise sous gaine de plomb est faite au moyen d'une presse hydraulique.

Le plomb fondu est versé dans un « conteneur » dans lequel il est maintenu à une température un peu inférieure à sa température de fusion; on exerce à la surface une pression d'environ 3.500 kilos par cm² (*fig. 5*). Dans ces conditions, le plomb est susceptible de « filer ». A la partie inférieure du conteneur est placé un « bloc » comportant un « poinçon » et une « filière ».

En adoptant un poinçon et une filière de diamètres déterminés et en réglant convenablement la position du poinçon par rapport à la filière, on obtient un tube de plomb ayant un diamètre intérieur et une épaisseur donnés. Si on fait passer dans le poinçon un câble ayant comme diamètre extérieur le diamètre intérieur du tube de plomb, le tube de plomb se place sur lui et l'entraîne.

Les pompes d'alimentation donnent une pression de 400 à 450 kilos par cm²; la pression totale exercée est en général de 2.000 tonnes et peut atteindre 3.000 tonnes dans certaines presses.

Au début de l'emploi des gaines en plomb, et afin de limiter les conséquences d'une perforation toujours possible au moment de la pose, on plaçait deux gaines concentriques; grâce aux perfectionnements qui ont été apportés aux presses hydrauliques, de très grandes longueurs de câbles peuvent être mises sous plomb sans qu'il se produise la moindre perforation, ce qui permet de n'utiliser qu'une seule gaine, sauf dans des cas très particuliers.

Pose du revêtement extérieur.

Pour obtenir une protection efficace, le revêtement extérieur doit être posé avec soin, de manière que les divers éléments qui le constituent soient parfaitement enduits de matière hydrofuge.

Les couches de jute et les feuillards ou fils d'acier sont enroulés à l'aide d'une « machine à armer » qui les arrose de matière.

La valeur de l'angle de l'hélice d'enroulement a une grande influence sur la souplesse des câbles.

5° Caractéristiques des canalisations souterraines actuelles.

Résistance ohmique des conducteurs.

La conductivité du cuivre recuit industriel est exprimée à 20° C. % de celle du cuivre-type recuit, dont les caractéristiques fixées en 1913 à Berlin par la Commission Electrotechnique Internationale sont les suivantes :

Résistivité : 1,7241 microhms-cm.
Densité : 8,89.
Coefficient de température : 0,00393.

Depuis cette époque, grâce aux progrès réalisés dans la métallurgie du cuivre, la conductivité du cuivre industriel a augmenté, et il n'est pas rare de rencontrer actuellement du cuivre dont la conductivité soit supérieure à celle du cuivre-type.

A 20° C., la résistivité de l'aluminium industriel recuit est de 2,89 microhms-centimètre et son coefficient de température 0,0039.

Résistance d'isolement.

La résistance d'isolement ne peut donner aucune indication sur la valeur en service d'un câble; c'est pourquoi cette caractéristique disparaît de plus en plus des cahiers des charges, d'autant plus qu'elle varie considérablement avec la température de l'isolant, qu'il est toujours très difficile de connaître exactement.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Avec les matières premières en usage et les procédés actuels de fabrication, la résistivité du papier imprégné mesurée sous une différence de potentiel de quelques centaines de volts, après deux minutes d'électrisation atteint les valeurs suivantes :

A 15° C. : 2.200×10^6 mégohms-centimètre.
A 20° C. : 1.500×10^6 — — .
A 25° C. : 1.000×10^6 — — .

A titre indicatif, la résistance d'isolement à 20° C. des câbles à basse tension, mesurée entre un conducteur et tous les autres réunis à la gaine de plomb, est comprise entre 400 et 1.500 mégohms par kilomètre ; celle des câbles à 20.000 volts entre 1.500 et 3.000 mégohms par kilomètre, les câbles à forte section ayant les résistances d'isolement les plus faibles.

Capacité.

Le pouvoir inducteur spécifique du papier imprégné est compris entre 3,4 et 3,75.

La capacité de service, c'est-à-dire celle qui intervient dans le calcul du courant de capacité, est comprise entre 0,20 et 0,80 microfarads par kilomètre, pour les câbles à trois conducteurs à basse tension, et entre 0,10 et 0,30 microfarads par kilomètre pour les câbles ayant une tension de service de 20.000 volts, les câbles à forte section ayant les capacités les plus élevées.

Self-induction.

Les conducteurs des câbles souterrains étant à peu de distance les uns des autres, leur self-induction est faible.

La self-induction de service, c'est-à-dire la self-induction qui intervient dans le calcul des chutes de tension, est comprise entre 0,22 et 0,30 millihenrys par kilomètre pour les câbles à basse tension, et entre 0,28 et 0,50 millihenrys par kilomètre pour les câbles ayant une tension de service de 20.000 volts, les câbles à forte section ayant les self-inductions les plus faibles.

Gradient de potentiel.

Lorsqu'on applique entre le conducteur et la gaine de plomb d'un câble à un seul conducteur une différence de potentiel U, alternative ou non, les surfaces de niveau équipotentiel sont des cylindres concentriques et les lignes de force sont radiales. Le « Gradient de potentiel » ou grandeur du champ électrique en un point, a pour valeur :

$$G = \frac{U}{\rho \operatorname{Loge} \frac{R}{r}}$$

ρ étant la distance du point considéré à l'axe du câble, R le rayon intérieur de la gaine de plomb et r le rayon du conducteur.

Cette formule montre que le gradient de potentiel a la plus grande valeur à la surface du conducteur ; il est facile de voir que pour un rayon R donné, le gradient de potentiel à la surface du conducteur est minimum et a pour valeur $G = \frac{U}{r}$ lorsque le rapport $\frac{R}{r}$ a pour valeur la base e des logarithmes népériens (2,718) ; ces remarques sont d'une grande utilité dans la détermination des dimensions des câbles à un conducteur.

Dans un câble ordinaire à trois conducteurs utilisés en courant triphasé, la question est plus complexe ; l'isolant est soumis en chaque point à un champ électrique qui, au cours d'une période, est variable en direction et en intensité. Le gradient de potentiel est maximum en des points situés à la surface des conducteurs, et a pour valeur :

$$G = \frac{\alpha U}{r \operatorname{loge} \frac{(r+a)\ 1{,}155}{r}}$$

U étant la tension simple, r le rayon des conducteurs, a l'épaisseur de la gaine isolante entourant chaque conducteur, et α un coefficient dépendant des dimensions du câble.

Dans les câbles ordinaires, on adopte en courant alternatif un gradient de potentiel d'environ 4.200 volts par millimètre dans les câbles à un conducteur, et on ne dépasse pas 3.800 volts par millimètre dans les câbles à trois conducteurs. En courant continu il est possible d'admettre un gradient de potentiel beaucoup plus élevé, 15 à 20.000 volts par millimètre.

Rigidité diélectrique.

La valeur du gradient de potentiel qui provoque en courant alternatif le percement d'un isolant constitué par des bandes de papier imprégné, dépasse actuellement 50.000 volts par millimètre.

La tension de percement de l'isolant séparant deux conducteurs est d'environ 45.000 volts pour les câbles à basse tension et dépasse 200.000 volts pour les câbles ayant une tension de service de 20.000 volts.

Courbe de vie.

Si on soumet l'isolant d'un câble à une différence de potentiel alternative, inférieure à la tension de percement, on constate que l'isolant est percé après un temps d'autant plus long que cette différence de potentiel est plus faible. En effectuant des essais sur des échantillons prélevés sur un câble, on peut tracer une courbe indiquant le temps après lequel se produit le percement de l'isolant pour une différence de potentiel donnée (*fig.* 6). Cette courbe, dite « courbe de vie » du câble, a une asymptote horizontale dont l'ordonnée correspond à la tension que peut supporter indéfiniment l'isolant sans qu'il se produise de percement ; elle donne des renseignemets plus utiles que la connaissance de la tension de percement instantané, car elle montre comment l'isolant résiste réellement à l'action prolongée de la tension.

Avec un câble à un conducteur de 150 m/m² ayant une tension de service de 60.000 volts, l'isolant est percé après 10 heures à 125.000 volts et après 1.000 heures à 80.000 volts.

Pertes diélectriques.

Lorsqu'on applique une différence de potentiel alternative de part et d'autre d'un isolant parfait, le diélectrique est traversé par un courant,

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

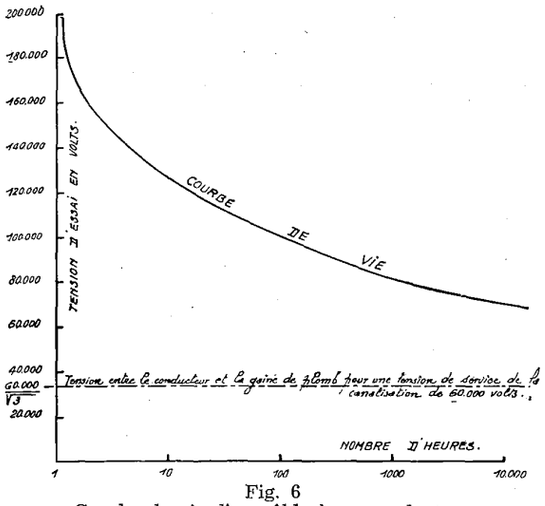


Fig. 6
Courbe de vie d'un câble à un conducteur pour tension de service de 60.000 volts

décalé en avant de $\frac{\pi}{2}$ sur la différence de potentiel. Avec les isolants industriels le décalage est inférieur à $\frac{\pi}{2}$ de sorte qu'une certaine puissance est consommée à l'intérieur de l'isolant et apparaît sous forme de chaleur (*fig. 7*).

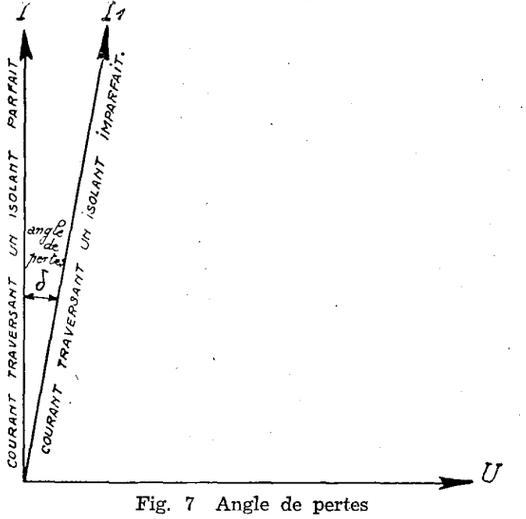


Fig. 7 Angle de pertes

On caractérise les isolants par leur « angle de pertes » ou plus exactement par la tangente de leur angle de pertes qui est le complément de l'angle de décalage ; cet angle de pertes dépend de la nature de l'isolant, et est fortement augmenté par la présence d'humidité ou d'air occlus.

Dans ces dernières années, la mesure des pertes de puissance dans le diélectrique des câbles, ou par abréviation la mesure des pertes diélectriques, est devenue non seulement un procédé de recherche, mais également un contrôle de la qualité de l'isolant.

Avec les câbles ordinaires, l'angle de pertes varie avec la température et passe par une valeur minimum au voisinage de 30° C. La tangente de l'angle de pertes des câbles est d'environ 0,005 à 20° C. pour les câbles à un conducteur, et 0,010 à la même température pour les câbles à plusiers conducteurs.

Echauffement.

Un câble en service s'échauffe principalement sous l'action de la chaleur dégagée dans les conducteurs par effet Joule, et dans l'isolant sous l'action des pertes diélectriques. La chaleur traverse l'isolant jusqu'à la surface du câble et est évacuée par rayonnement et convection s'il est dans l'air, par conductibilité s'il est enterré.

L'évacuation de la chaleur se fait d'autant plus facilement que la résistance thermique de l'isolant et celle du milieu dans lequel le câble est placé, sont plus faibles.

La résistivité thermique du papier imprégné est d'environ 700 degrés par watt et par cm³.

L'intensité admissible dans les conducteurs est limitée par la plus haute température à laquelle ils peuvent être portés sans risque. Avec les câbles du type ordinaire, au-dessus de 50° C. et particulièrement lorsqu'il s'agit de câbles à haute tension, les pertes diélectriques augmentant avec la température, provoquent un échauffement excessif qui détermine la détérioration de l'isolant. Avec des câbles spéciaux, tels que les câbles à l'huile fluide, on peut atteindre 80° C., les pertes diélectriques de ces câbles étant assez faibles, même à cette température.

6° Pose des câbles souterrains de transport d'énergie

Les câbles souterrains revêtus d'une armure en feuillards d'acier sont enterrés directement dans le sol, ou placés dans des caniveaux à l'intérieur des bâtiments.

Dans le cas d'une canalisation posée le long d'une route ou en pleine campagne, il est possible d'utiliser des machines pour creuser les tranchées ; certaines, plus perfectionnées, creusent, posent les câbles et remettent la terre en place.

En Amérique, on utilise principalement la pose en conduites ; dans ce cas, les câbles ne comportent pas de revêtement en feuillards d'acier.

Dans l'installation des câbles souterrains, on utilise des accessoires, tels que boîtes de jonction, de dérivation et d'extrémité, à l'intérieur desquelles des serre-câbles assurent la jonction des conducteurs ; ces boîtes sont remplies de matière isolante.

Les matières de remplissage ont été l'objet d'études nombreuses, afin d'obtenir des masses ayant des propriétés exigées par les conditions particulières de leur emploi : plasticité, adhérence, rigidité diélectrique, résistance aux chocs et aux vibrations.

Ces accessoires remplis de matière isolante, ne sont pas utilisés pour des tensions de service élevées ; il est alors nécessaire de reconstituer l'isolant autour des serre-câbles en enroulant à la main ou à l'aide d'une machine spéciale, des bandes de papier imprégné. Les résultats sont si intéressants qu'actuellement toutes les jonctions de câbles au-dessus de 45.000 volts sont à isolant reconstitué, et que fréquemment on utilise ce

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

mode de jonction même pour des tensions plus basses.

7° Câbles spéciaux de transport d'énergie

Câbles « S. O. ».

Afin de diminuer les dimensions des câbles, on a préconisé l'utilisation de gaines de plomb à section sensiblement triangulaire. Ces câbles dits Câbles « S. O. » *(fig. 8)* sont d'une fabrication délicate et sont moins souples que les câbles ordinaires; cette forme triangulaire rend difficile leur manipulation, leur enroulement sur touret et leur pose.

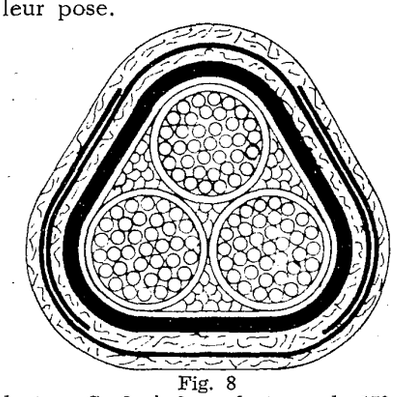


Fig. 8
Câble type S. O. à 3 conducteurs de 150 mm²
Tension de service : 1.000 volts

Câbles « H ».

Dans les câbles à 3 conducteurs du type ordinaire, le champ en un point étant variable en grandeur et en direction, a une composante parallèle à la surface des bandes de papier; dans cette direction, l'isolant résiste mal, et si le champ est intense il peut se produire des effluves provoquant la carbonisation du papier. Dans un câble à un seul conducteur, le champ étant radial est perpendiculaire aux bandes de papier et l'isolant résiste dans les meilleures conditions.

L'ingénieur allemand Hochstadter a eu l'idée de constituer des câbles à plusieurs conducteurs,

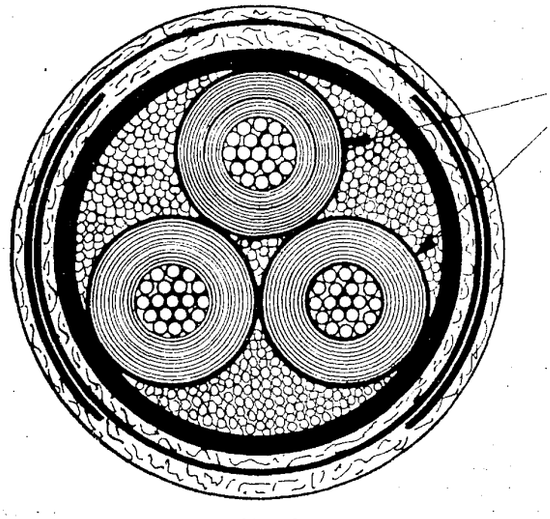


Fig. 9
Câble à 3 conducteurs de 75 mm²
à surfaces équipotentielles
Tension de service : 20.000 volts

en entourant chaque conducteur isolé, d'une surface cylindrique métallique réunie électriquement à la gaine de plomb et par conséquent constamment au potentiel de cette gaine *(fig. 9)*. Dans ces conditions, chaque conducteur se comporte comme un câble unipolaire.

Les surfaces métalliques cylindriques entourant les conducteurs isolés, sont en général constitués par des rubans d'aluminium de faible épaisseur ($\frac{100}{5}$ m/m). La présence de ces surfaces facilite dans une certaine mesure l'évacuation de la chaleur dégagée.

Les câbles Hochstadter, ou par abréviation les câbles « H », se sont rapidement développés, particulièrement à l'étranger, pour les tensions de service supérieures à 15.000 volts. On a même réalisé des câbles « H » pour une tension de service de 60.000 volts.

Câbles Triplomb.

Dans le même ordre d'idée, on a préconisé l'emploi de câbles dits « triplomb », constitués par 3 câbles à un conducteur réunis ensemble et recouverts d'un revêtement normal, l'intervalle entre les 3 gaines étant rempli de jute bitumé *(fig. 10)*.

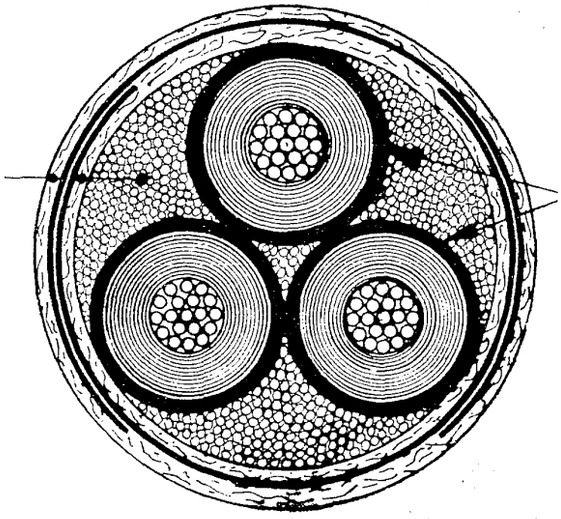


Fig. 10
Câble triplomb à 3 conducteurs de 75 mm²
Tension de service : 20.000 volts

Ce type de câble présente les mêmes avantages que les câbles « H » au point de vue du champ électrique; par suite de l'épaisseur relativement forte des gaines de plomb qui entourent chaque conducteur, l'évacuation de la chaleur se fait dans de meilleures conditions.

On a apporté à ce type de câble une modification qui peut paraître intéressante, en enroulant les feuillards de manière à constituer une surface à section sensiblement triangulaire; cette forme permet de réduire la quantité de jute bitumé entre les gaines de plomb et facilite le refroidissement. Par contre, de même que pour les câbles « SO », la manipulation est peu pratique.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Câbles à l'huile fluide.

Lorsqu'un câble est en service l'isolant s'échauffe, la matière d'imprégnation se dilate et la gaine de plomb est soumise à une pression interne ; si la limite d'élasticité du plomb est atteinte, la gaine de plomb ne reprend pas ses dimensions primitives lorsque la charge du câble diminue et que l'isolant se refroidit. Il s'ensuit qu'il se produit à l'intérieur de l'isolant des espaces vides ou tout au moins à pression très faible, pouvant être le siège d'une ionisation plus ou moins intense.

L'ingénieur italien Emmanuelli a eu l'idée d'utiliser comme matière d'imprégnation une huile très fluide et de ménager à l'intérieur des conducteurs un canal central ; quand les câbles sont posés, on réunit les canaux à des réservoirs en charge, afin de maintenir une pression au moins égale à la pression atmosphérique dans les parties les plus hautes de la canalisation. Des joints d'arrêt sont intercalés de manière que la pression ne dépasse pas 3 à 4 kilos par cm² dans les parties basses, ceci afin de ne pas faire éclater la gaine de plomb (*fig. 11*). Grâce à ce dispositif, tout échauffement de l'isolant fait remonter l'huile dans les réservoirs sans que les dimensions de la gaine de plomb se modifient sensiblement ; quand le câble se refroidit, l'huile des réservoirs vient remplir les vides qui pourraient se produire par suite de la contraction.

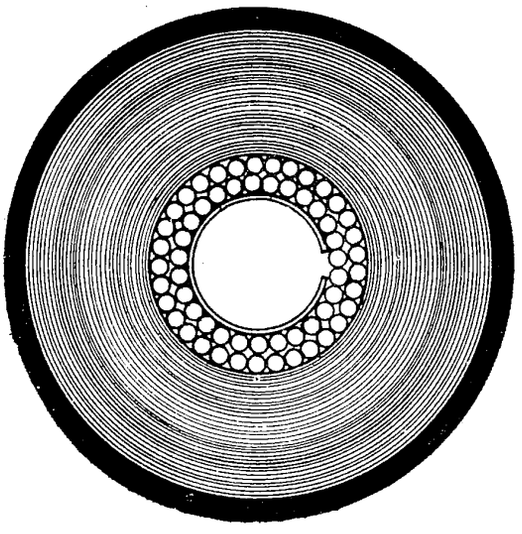


Fig. 11
Câble à l'huile fluide
Tension de service : 132.000 volts

Des recherches récentes, ayant montré qu'il pouvait y avoir un inconvénient à laisser l'huile en contact avec l'air dans les réservoirs, l'air étant soluble dans l'huile, on a utilisé des réservoirs métalliques déformables entièrement remplis d'huile ; on a également préconisé l'emploi de réservoirs rigides dans lesquels l'huile est au contact d'hélium.

Le montage des boîtes de jonction et des boîtes d'extrémité de ces câbles demandent des précautions très spéciales.

En 1927, 10 kilomètres de câbles à l'huile fluide pour tension de service 132.000 volts, ont été posés à New-York : ce type de câble a été adopté par l'Union d'Electricité pour la canalisation d'essai à 220.000 volts qu'elle a fait installer.

Câbles sous pression.

Un second procédé pour éviter la dilatation de la gaine de plomb et la formation de vides dans l'isolant, consiste à placer des câbles du type ordinaire, dans des conduites métalliques étanches remplies de gaz sous pression. Ce système présente l'avantage de maintenir l'isolant sous une pression importante, ce qui augmente sa rigidité diélectrique.

Le diamètre des tuyaux est supérieur de 5 à 10 m/m à celui des câbles ; leur longueur est de 10 à 14 mètres ; leurs raccords sont soudés et comportent des collets de dilatation. Des dispositifs de sécurité avertissent lorsque la pression, pour une raison quelconque, baisse au-dessous d'une certaine valeur.

Ce système permet d'adopter des intensités supérieures de 50 % à celles des câbles ordinaires ; il est utilisé à l'étranger et en particulier en Allemagne, spécialement pour des tensions de service supérieures à 30.000 volts.

En Amérique, on a essayé le dispositif « oléostatique » dans lequel les câbles, non munis d'une gaine de plomb, sont placés à l'intérieur de tuyaux en acier remplis d'huile sous pression.

Câbles à matelas gazeux.

Le principe de ces câbles se rapproche de celui des précédents, mais l'isolant est maintenu sous pression, non par l'extérieur, mais par l'intérieur, des espaces cloisonnés, ménagés entre l'isolant et l'enveloppe de plomb étant remplis d'un gaz inerte sous pression.

Câbles à pression de gaz.

Dans ce type de câble, la matière d'imprégnation est remplacée par un gaz inerte maintenu sous pression, ce qui permet d'éviter les inconvénients résultant de l'emploi de matière d'imprégnation à coefficient de dilatation relativement élevé.

8° Avenir des canalisations souterraines de transport d'énergie

L'emploi des canalisations souterraines s'impose de plus en plus, non seulement pour la distribution d'éclairage et de force motrice à l'intérieur des agglomérations où elles sont devenues une nécessité pour des raisons d'esthétique et de sécurité, mais également pour le transport d'énergie à distance, par suite de leur sécurité d'exploitation et de leur insensibilité à peu près totale aux perturbations atmosphériques.

Il est intéressant de rappeler à ce sujet que la Société Générale de Force et Lumière, a remplacé dans la traversée du « Mont du Chat » la ligne aérienne du transport de force en courant continu à 300.000 volts, Moûtiers-Lyon, par des câbles souterrains qui donnent toute satisfaction.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

On pourrait reprocher aux canalisations souterraines leur prix de revient plus élevé que celui des lignes aériennes, mais il ne faut pas oublier que leurs frais d'entretien sont presque nuls et que leur taux d'amortissement est très faible.

La capacité relativement élevée des canalisations souterraines est un précieux avantage lorsqu'il s'agit de transports à faible distance, puisqu'elle améliore le facteur de puissance de l'installation. On pourrait faire remarquer qu'elle peut être une gêne pour des transports à grande distance, la puissance apparente nécessaire pour mettre simplement la ligne sous tension pouvant être supérieure à la puissance apparente en charge. A ceci on eut objecter qu'il n'est pas impossible de concevoir des canalisations souterraines présentant, comme en téléphonie, de distance en distance, des selfs de compensation. Ce système a fait l'objet d'une communication présentée en 1929 à la Société des Ingénieurs Civils de France.

La substitution du courant continu par le courant alternatif dans les transports d'énergie à longue distance, supprimerait l'inconvénient de la capacité élevée. Notons à ce sujet que le gradient de potentiel admissible en courant continu étant 4 à 5 fois plus fort qu'en courant alternatif, on peut transmettre avec deux câbles une puissance supérieure au triple de celle transmise avec 3 câbles de même type en courant triphasé.

Si la technique des canalisations souterraines est loin d'être arrivée à son apogée, il faut néanmoins rendre justice aux fabricants de câbles, en constatant leurs efforts pour faire progresser cette industrie assez spéciale. Les câbles souterrains, pour lesquels on exige des tensions de service de plus en plus élevée, ne peuvent être fabriqués que par des usines modernes, utilisant un matériel de fabrication sans cesse renouvelé, des appareils d'essais les plus perfectionnés, et disposant de puissants laboratoires de contrôle et de recherche aux mains de techniciens éprouvés. Seules ces usines peuvent livrer des câbles de toute première qualité, dont la pose peut être faite en toute sécurité.

A. Noirclerc, (E.C.L. 1921)
Directeur de la Câblerie de Montereau.
de la Société Industrielle de Liaisons Electriques.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Le Branchement des Câbles Electriques

Dans le numéro spécial de **Technica** de l'année dernière, à l'occasion de la Foire de Lyon, le problème de la **Connexion Electrique** avait été envisagé dans son ensemble et les diverses solutions obtenues avec le **Connecteur Fauris** indiquées de façon générale.

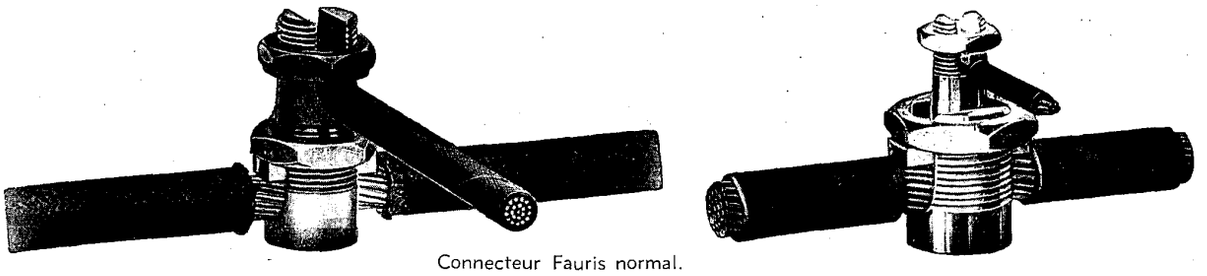
Il convient aujourd'hui de mettre en lumière quelques cas particuliers de branchements de câbles électriques par ces procédés brevetés en France et à l'étranger (Allemagne comprise).

Les deux problèmes qui se présentent le plus fréquemment sont :

I. — Branchement d'une dérivation de section déterminée sur un câble de plus forte section ;

II. — Ajouture bout à bout de deux câbles de sections respectives quelconques.

Ces deux problèmes se solutionnent facilement par des dispositifs différents :



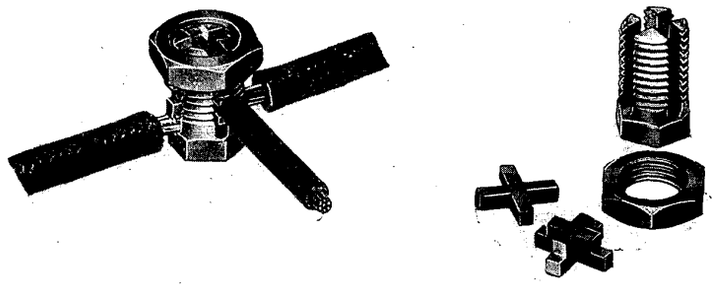
Connecteur Fauris normal.

Le **Connecteur Fauris,** modèle normal, permet par ses différentes grandeurs et ses combinaisons diverses de brancher des conducteurs de sections quelconques depuis le fil de 12/10 jusqu'au câble de 400 m/m² sur d'autres conducteurs allant jusqu'à 500 et 600 m/m².

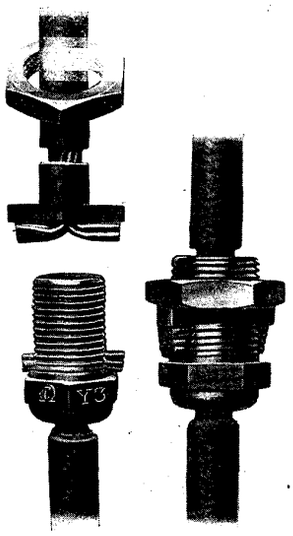
Il est possible de brancher sérieusement et pratiquement un câble de 5 m/m² de section sur un de 400 m/m² — ce que ne peut faire aucun autre dispositif — comme d'ailleurs un de 400 m/m² sur un de 500 au 600 m/m².

Pour les petites sections jusqu'à 20 m/m² les modèles O.AA et O.A. sont essentiellement pratiques et bon marché.

Si les branchements sont destinés à être enfermés dans des boîtes fonte, ce qui est le cas des câbles armés souterrains, il y a intérêt à réduire au strict minimum les dimensions des appareils de jonction tout en exigeant d'eux des contacts parfaits et un serrage énergique.



Modèle O.AA et O.A.



Ajouture bout à bout.

Ces conditions sont admirablement remplies par le « Connecteur Fauris » modèle Y. Ce même modèle convient aussi bien pour relier deux câbles à 90° que pour les ajouter bout à bout.

Il offre, en effet, **de larges contacts directs d'un câble sur l'autre** sans interposition d'aucune pièce quelconque.

Quelles que soient les sections respectives des câbles à jonctionner le serrage est **très énergique** et tend toujours à resserrer les brins du câble.

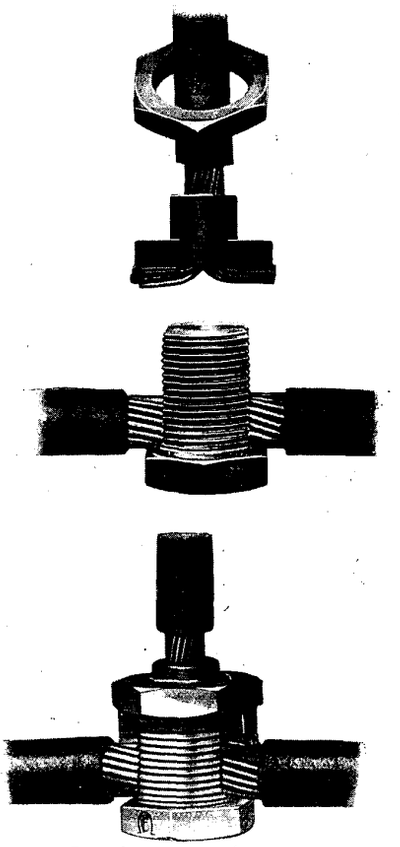
Tous ces appareils sont d'un emploi simple, pratique et facile même pour du personnel peu habitué à ce genre de travail.

Demander tous renseignements supplémentaires, tarif et catalogue à

CH. FAURIS

Ingénieur-Constructeur

76, rue d'Inkermann, LYON



Branchement en équerre.

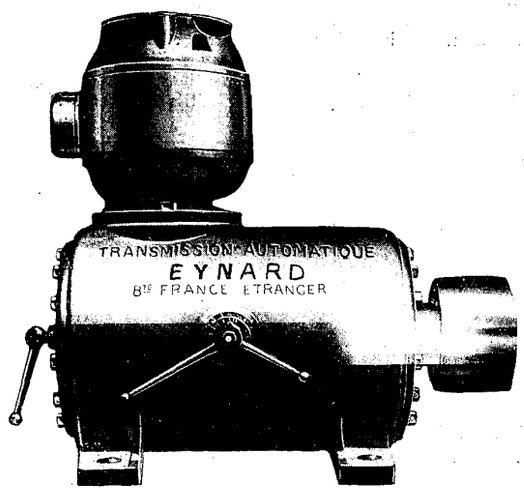
http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LA TRANSMISSION AUTOMATIQUE
" EYNARD "

Breveté France et Etranger

RÉALISE EN UN SEUL BLOC :
Réducteur de vitesse. - Embrayage progressif. Inversion du sens de marche. - Changement de vitesse automatique (selon la résistance, ou commandée.) — Limiteur de couple.



TOUTES VITESSES
TOUTES PUISSANCES
TOUTES APPLICATIONS

E. EYNARD, 15-19, rue Jean-Bourgey - LYON-VILLEURBANNE
Téléphone : Villeurbanne 84-11, 84-12

Téléphone Parmentier 05-34 (Deux lignes)

Télégramme ROULESSERO LYON

SRO
USINES DE ROULEMENTS A BILLES

Société Anonyme au Capital de 15.000.000 Fcs
SIÈGE SOCIAL à ANNECY (Hte-Savoie)

Raoul ESCUDIER
ADMINISTRATEUR

Agence générale pour le Sud de la France et l'Afrique du Nord
39 bis, Rue de Marseille, LYON (7e)

ROULEMENTS A BILLES ET A ROULEAUX
PALIERS DE TRANSMISSIONS
Boîtes à billes pour wagons, tramways, wagonnets de mines
ROULEMENTS SILENCIEUX POUR MOTEURS ÉLECTRIQUES

ÉTUDES GRATUITES POUR TOUTES APPLICATIONS

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

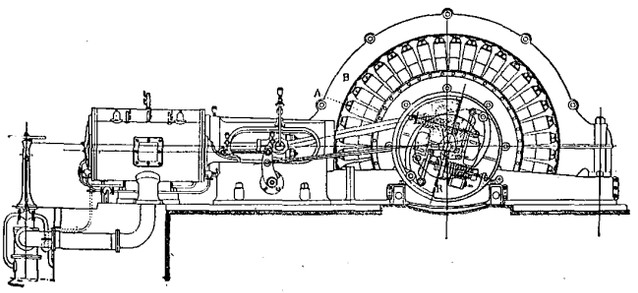
Notes sur le développement de l'Industrie Électro-technique

par M. V. GULTZGOFF, Ingénieur E. C. L.

Il est très difficile, sinon impossible de fixer une date de naissance pour l'Industrie Electrotechnique, car si l'Histoire conserve jalousement les dates des découvertes de la science pure, elle oublie souvent celles de leurs adaptations pratiques.

Lorsque, après Ampère, qui découvrit l'électromagnétisme, Faraday posa en 1831, les principes de l'induction — bases de toutes les électromachines —, l'énergie électrique n'était pratiquement connue que sous la forme du courant continu obtenu à partir d'éléments électrolytiques. Après H. Pixii, qui construisit le premier appareil produisant le courant électrique, Clarke, Stohrer, puis Wheatstone poursuivirent leurs recherches et en réalisèrent d'autres. Mais tous ces appareils conçus pour le laboratoire n'étaient pas encore des machines industrielles dans le sens exact du mot, et ce n'est que vers 1860, qu'Antonio Pacinotti réalisa le premier moteur électrique, qui bien que très imparfait n'en comporte pas moins tous les éléments essentiels. Les mémoires présentés par Pacinotti en 1864, par Siemens en 1867, semblent être les premiers documents envisageant l'utilisation pratique de l'énergie électrique et seraient à ce titre les points de départ de l'électrotechnique.

Mais ce n'est qu'en 1869, que l'ouvrier belge Zenobie Gramme déposa à Paris le brevet de la machine à laquelle fut attaché depuis son nom, et qui est la première véritable machine électrique industrielle. Bien entendu, il ne pouvait être question à cette époque de son application comme moteur en dehors des expositions et installations d'expériences. Aussi, la première consécration de la pratique fut constituée par l'installation aux ateliers de galvanoplastique des établissements Christofle, vers 1872, de la première génératrice Gramme, destinée à un usage industriel. Tout en laissant à Gramme l'honneur de l'invention « d'ensemble », nous nous devons de rendre hommage aux inventeurs de « détails », dont les apports à la machine électrique, peu connus du grand public n'en constituent pas moins les éléments essentiels de réussite. Ce sont *Wheatstone*, qui dès 1845, posa le principe d'autoexcitation, *Siemens*, inventeur du collecteur *Hefner-Alteneck*, qui en 1873, conçut l'induit à tambour, *Brush*, qui le premier réalisa une machine à excitation compound (1878), *Fritsche, Desroziers, Pacinotti* et autres qui mirent au point la disposition des pôles, etc.



Installation réalisée en 1896.

Le succès pratique de la machine électrique dépassa rapidement les prévisions de ses inventeurs. En 1875 — soit trois ans après l'installation de la première —, près de mille autres génératrices et moteurs se trouvaient installés. Il est vrai que la grande majorité de ces machines se trouvaient destinées aux réalisations ayant un but d'exposition, les besoins de l'industrie étant évidemment très réduits à cette époque. Mais bientôt apparaît un nouveau champ d'application de l'énergie électrique : l'éclairage.

Dès 1873, on fait à Londres des expériences d'éclairage par arc électrique, alimenté avec des bobines analogues à celles de Ruhmkorff. En 1878, une des principales attractions de l'Exposition de Paris fut constituée par l'illumination électrique : Seize « bougies électriques », invention de l'ingénieur russe Jablotchkoff, branchées en série de alimentées par une « génératrice à courants alternatifs » de 20 CV, construite par Gramme.

Malgré le rendement lumineux déplorable, le problème d'éclairage électrique était vaincu, et dès 1879, le génial inventeur américain Edison en tira le parti pratique en réalisant la lampe à incandescence, sous une forme très voisine de l'actuelle.

C'est à cette époque que se place la querelle qui partagea pendant près de dix ans le monde électrotechnique en deux camps opposés : les partisans du courant continu et ceux du courant alternatif. Remarquons tout de suite que la nature même du phénomène mis en jeu — variation du flux — devait amener logiquement à la création des machines alternatives, d'ailleurs bien plus faciles à concevoir et à réaliser avant les machines à courant continu. Il n'en fut rien et la génératrice à courant continu précéda de quelques années le premier alternateur. Nous croyons que c'est là un phénomène psychologique assez courant : imposition d'une idée de tradition qui fit son chemin de Volta à Siemens et Gramme.

Quoiqu'il en soit, le premier « transport des forces par l'électricité », dont l'honneur a été revendiqué par H. Fontaine fut réalisé à l'Exposition de Vienne en 1873, avec deux machines Gramme à courant continu réunies par quelques dizaines de mètres de fil, et dont l'une faisait fonction de génératrice et l'autre de moteur. Il en fut de même pour les fameuses expériences de transmission d'énergie électrique réalisées par Marcel Deprez en 1882 entre Miesbach et Munich, en 1883 entre la Chapelle et le Bourget, en

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

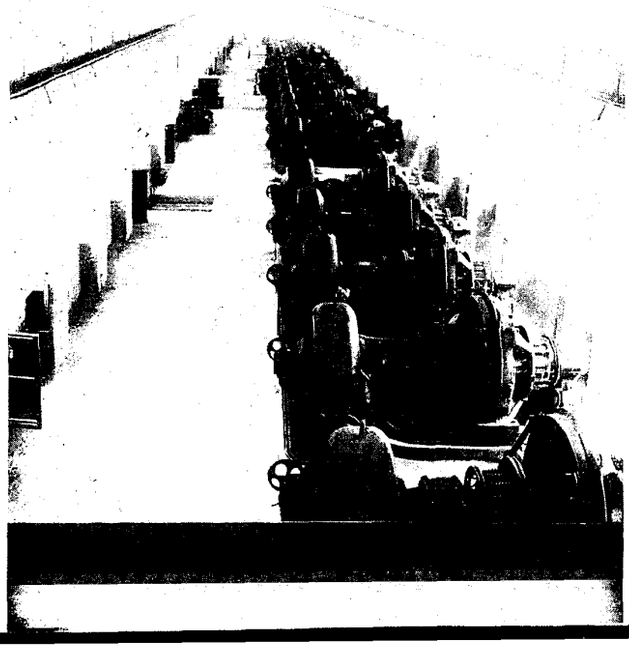
Association des Centraliens de Lyon

1883 entre Vizille et Grenoble et en 1885 entre Creil et Paris. Cette dernière, à une tension de 5.800 v., à une distance de 56 km. « en boucle » et avec le rendement « électrique » de 78 % fut considérée comme particulièrement intéressante, et a valu à son organisateur l'élection à l'Académie des Sciences. Mais les inconvénients du courant continu apparaissent de plus en plus flagrants. D'une part, il semble indubitable que le transport ne peut s'effectuer dans des conditions économiques qu'à une tension très élevée ; mais comment l'utiliser ? En branchant les récepteurs en série, préconisent les uns ; en utilisant des récepteurs de forte puissance et à tension élevée disent les autres. Les inconvénients des deux systèmes sont d'ailleurs visibles : Le fonctionnement de plusieurs récepteurs en série conduit à l'arrêt de l'ensemble dès qu'un seul d'entre eux s'arrête. Les récepteurs à tension élevée sont difficiles à réaliser, leur manipulation est dangereuse.

Telle était la question, lorsque, en 1882, Lucien Gaulard déposa le brevet pour le « générateur secondaire », véritable transformateur qu'il réalisa et appliqua dès 1883 à la distribution d'éclairage du chemin de fer souterrain à Londres.

Bien que, comme la plupart des inventeurs il ne fit que refondre les idées antérieures : conceptions de Faraday, Ruhmkorff et Jablotchkoff. il eut le mérite de réaliser un appareil bien défini, capable de fonctionner en service normal et d'une utilité certaine. C'est là, croyons-nous les traits caractéristiques de l'invention industrielle synthétique par son essence, et opposée à ce titre à la découverte scientifique procédant de l'analyse. — Nul n'est prophète en son pays — et bien que l'un des fondateurs de la Société Française des Electriciens (alors : Société Internationale des Electriciens), Gaulard doit chercher en Angleterre, puis en Italie les moyens de prouver les possibilités pratiques de son appareil et parallèlement les avantages du courant alternatif. Ce n'est qu'après une lutte contre une véritable « maffia », qu'il réussit, en septembre 1884 de mener à bien les essais de transport à courant alternatif à l'Exposition de Turin. La ligne de transport était longue de 34 km. et la tension de 2.000 volts était atteinte par la mise en série des enroulements secondaires de 50 appareils, dont les primaires étaient alimentés séparément à basse tension. Malgré les difficultés de réalisation, les avantages du courant alternatif et la valeur de l'appareil Gaulard apparurent avec évidence au jury de l'exposition, qui lui décerna un grand prix. Tel ne fut pas l'accueil en France où Marcel Deprez, à l'apogée de sa gloire, critiquait sévèrement le transformateur et mettait en doute les résultats obtenus (rendement dépassant 90 %). Heureusement, sa défense fut prise par le grand savant italien Galileo Ferraris, qui en 1886 établit, pour la première fois, une théorie exacte et complète du fonctionnement du transformateur.

Installation réalisée vers 1910
25 génératrices d'électrolyse à courant continu
de 120 volts, 10.000 ampères
Cliché Matériel S W.



Tandis qu'en Europe les ingénieurs Zipernovsky, Deri et Blathy des Etablissements Gauz de Budapest, reprennent les mêmes principes et réalisent des appareils comprenant les éléments des transformateurs actuels, Georges Westinghouse achète la licence Gaulard et Gibbs pour les Etats-Unis et secondé par William Stanley, procède aux divers perfectionnements du transformateur, qui apparait bientôt sous une forme industrielle. En Amérique, la lutte entre les deux natures de courant se trouve portée sur un plan différent. En apparence on attaque le courant à haute tension, en raison de ses dangers, mais en dessous on sent la véritable cause : les producteurs de cuivre prévoyant déjà les bénéfices énormes qu'ils peuvent en tirer « poussent à la consommation » en préconisant la distribution à basse tension, que l'opinion publique assimile au courant continu par opposition au courant alternatif, dont l'intérêt réside dans sa facilité de transformation pour le transport à haute tension.

Persuadé de l'avenir brillant du courant alternatif, seul contre un bloc financier hostile, et en dépit d'une campagne véhémente de la presse qui dénonce les dangers du courant électrique « à haute pression » (*sic*), Georges Westinghouse triomphe en inaugurant en novembre 1886, à Buffalo (N. J.), le premier réseau commercial à courant alternatif (" Brush Electric Light C° "), des Etats-Unis.

Quelques mois plus tôt, on inaugurait en Europe la centrale de la concession d'éclairage de Tours, 2.500 v. primaire, 50 v. secondaire, et la centrale de Tivoli, point de départ d'une ligne de 30 km. à 2.500 v., alimentant par l'intermédiaire des transformateurs abaisseurs 320 lampes à incandescence et 6 lampes à arc.

Le courant alternatif a gagné la bataille, mais deux années plus tard, le cerveau fatigué par la lutte incessante, Lucien Gaulard dut être interné à l'asile de Sainte-Anne, où il meurt le 26 novembre 1888.

Pendant ce temps, d'autres inventions vinrent élargir les horizons de l'industrie naissante.

En 1885, Galileo Ferraris découvre les propriétés du champ tournant, et en 1888 l'ingénieur serbe Nicolas Tesla réalise le premier moteur à induction. La même année, Shallenberger réalise

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

le compteur électrique sans lequel le développement commercial de distribution était impossible. En 1891, on inaugure en Europe, à Lauffen, la première centrale hydroélectrique, tandis qu'à la même date, on réalise en Californie la transmission à très haute tension (pour l'époque) : 10.000 volts. L'utilisation commerciale de cette valeur de tension apparaissait comme très audacieuse, mais les transformateurs isolés à l'huile — autre grande invention de l'année — résistent à l'épreuve, et les pessimistes sont convaincus. En 1892 se trouve réalisée la première commutatrice, solution du problème de transformation du courant continu en courant alternatif et vice-versa.

Deux années plus tard, Scott résoud le problème de la transformation du courant biphasé en triphasé. Ce problème est d'ailleurs repris par Leblanc, qui apporte une variante de la solution. En 1897, Boucherot pose le principe et réalise le moteur à double cage. Enfin, chose peut-être plus importante que les inventions isolées, pour le développement de l'industrie, les grands hommes de la science se spécialisent dans cette branche jusqu'alors dédaignée, et établissent les bases d'une théorie solide de l'électrotechnique, mettant de l'ordre dans les idées souvent très embrouillées exprimées çà et là. Ce sont Galileo Ferraris, Marcel Deprez, Nicolas Tesla, Warburg, Elihu Thomson, Swinburn, Ewing, Hopkinson, Kapp, Dolivo-Dobrovolsky, Steinmetz pour ne citer que les noms les plus connus, et dont les grands travaux se situent dans la dernière décade du siècle.

En définitive, l'industrie électrotechnique apparait au seuil du XX^e siècle comme possédant tous les éléments essentiels qui en firent, depuis, la reine incontestée du monde technique. Mais si sa naissance fut l'œuvre des inventeurs, esprits isolés poursuivant des buts très différents les uns des autres, créant des tendances techniques basées sur des considérations personnelles, et agitant des passions souvent fort mal à propos, le formidable essor qui porta l'électrotechnique à son apogée est dû aux efforts organisés, aux travaux soumis à la rude discipline de la concurrence, œuvre des Grandes Maisons industrielles dont le plus grand nombre fut créé dès la fin du siècle dernier.

Dans le très court aperçu qui suit, nous allons retracer la vie de ces Grandes Maisons d'Electrotechniques en signalant quelques-unes de leurs « actions d'éclat » leurs regroupements, etc. Bien entendu, nous ne prétendons nullement fournir dans ces quelques lignes une documentation complète et apportons par avance nos excuses pour les oublis et les inexactitudes involontaires, mais inévitables dans un sujet aussi vaste traité sous forme de résumé.

Dès 1847, Werner Siemens s'associant avec Georges Halske donne naissance à la maison Siemens-Halske, construisant alors dans leurs ateliers le matériel télégraphique. C'est là que seront réalisées les premières machines électriques rivalisant avec celles que Gramme construira à Paris à partir de 1872. Mais la véritable industrie prend naissance seulement à partir de 1880. Cette année voit naître en Amérique les compagnies « Brush Electric » et « Edison American Electric » (Procédés Thomson-Houston). A la même date, en France, à Belfort, la Société Alsacienne entreprend également la construction du matériel électrique. L'intérêt commercial de l'électrotechnique est un fait acquis, et la création de sociétés nouvelles se poursuit à une cadence accélérée pendant près de vingt ans :

1882. — Ferranti (Italie).
1883. — Société Edison Allemande ; René Thury (Suisse).
1884. — Société Oerlikon entreprend la construction électrique (Suisse).
1885. — A. S. E. A. (Suède).
1886. — G. Westinghouse (E. U.) ; Lahmeyer et C^o (Allemagne).
1887. — A. E. G. (Allemagne).
1888. — Les Etablissements Schneider et C^ie entreprennent la construction électrique, au Creusot.
1889. — Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (Belgique).
1891. — Ercole Marelli (Italie) ; Brown Boveri (Suisse).
1892. — Fusion de la « Edison C^o et de Thomson-Houston » (E.-U.).
1893. — Shebaura (Japon).
1894. — Heemaf (Hollande).
1895. — Kolben (Prague).

— pour ne citer que les grandes maisons ayant une importance internationale.

La dernière décade du XIX^e siècle voit les premières grandes installations effectuées par les maisons rivalisant d'audace dans leurs réalisations.

Dès 1893 Westinghouse construit des alternateurs de 750 CV — puissance record pour l'époque. Deux ans après c'est la « grande victoire sur la nature » —, utilisation des chutes du Niagara par turbine hydraulique entraînant des alternateurs (Puissance totale : 5.000 CV.). En France se poursuit activement l'électrification des grands centres, et les Etablissements Schneider et C^ie licenciés pour la France des brevrets Zipernowsky, Deri et Blathy, qui présentaient dès 1892 *un catalogue* de machines électriques allant jusqu'à 400 CV, participent activement aux installations des centrales de la région parisienne. En 1898, G.E.C^o livre pour le métro de New-York les « Génératrices-Mammouth » de 3.700 kw. Deux ans après, c'est l'inauguration du Métro de Paris où les Etablissements Schneider et C^ie viennent d'installer l'Usine de Bercy avec 4 commutatrices de 750 kw. à 600 v.

En 1899 se trouvent réalisés les premiers turbo-alternateurs, et dès 1904 Schuckert est en mesure de réaliser des turbos de 170 kw. à 3.000 t/m.

La première décade du XIX^e siècle voit se dessiner un nouveau mouvement économique : groupement et fusion des Sociétés. Malgré le champ de plus en plus vaste pour l'industrie électrotechnique ou peut-être en raison même de cette

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

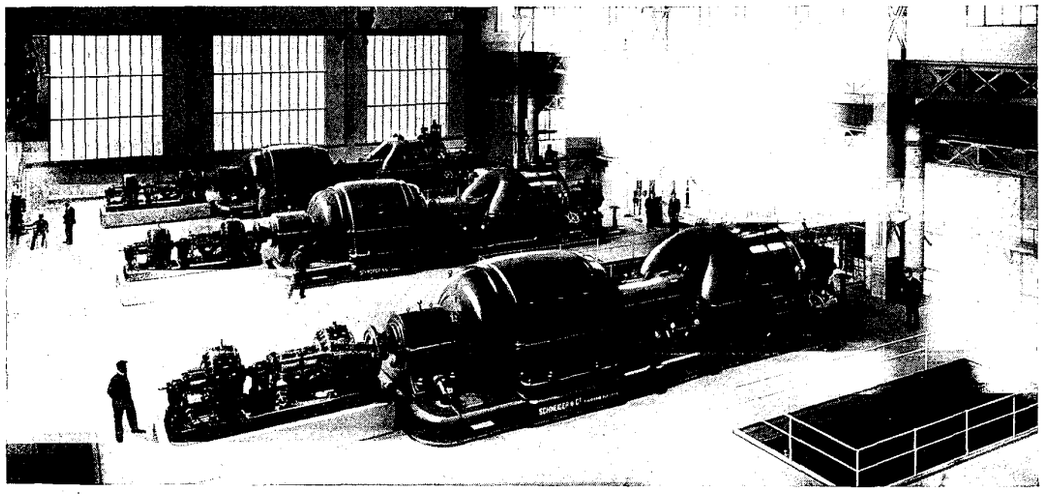
échelle, en quelque sorte mondiale, les grandes sociétés sont obligées de se mettre en accord pour répartir les domaines de leur activité. Le cas type est celui de Schuckert et Siemens-Holske, qui fusionnent en 1903 et répartissent en même temps leurs domaines respectifs : Grandes machines et installations de puissance (Starkstrom) pour Schuckert ; Appareillage et installations de lumière (Schwachstrom) pour Siemens Halske.

En 1904, A. E. G. absorbe la Société Union, puis en 1910, Lahmeyer et C^ie ; tandis qu'en Suisse Brown-Boveri absorbe Alioth, et qu'en Angleterre la Westinghouse Anglaise et Metropolitan Wickers concluent un accord.

Nous n'avons pas à développer ici les réalisations contemporaines de l'Electrotechnique, et terminerons notre aperçu par les indications sur les derniers regroupements des Grandes Maisons, regroupements tendant à établir par dessus les frontières une collaboration technique précieuse. Telles apparaissent en effet les liens qui rattachent GEC° (Etats-Unis), HEG (Allemagne) et Alsthom (France), cette dernière étant à son tour le résultat de la fusion de la Société Alsacienne avec la Compagnie Française Thomson Houston ; Brown-Boveri (Suisse) avec CEM (France), Tcheskomorauska Kolben (Tchécoslovaquie) avec Westinghouse (Angleterre) ; MM. Schneider et C^ie (France) avec Westinghouse (Etats-Unis), sous forme de la Société « Le Matériel Electrique S.-W. », etc.

Nous n'avons pas la prétention dans l'exposé ci-dessus d'avoir épuisé le sujet, ni même de l'avoir traité sous la forme logique — en signalant tous les faits essentiels et en laissant de côté tous les détails. Notre seul but était de brosser un tableau d'ensemble permettant de saisir le miracle de transformation rapide et radicale d'une machine Gramme en turbo-alternateur de plusieurs centaines de milliers de kw., d'un « générateur secondaire » de Gaulard en transformateur à 220.000 volts, en un mot le miracle d'une Vie Technique dont les cellules se nomment Ampère, Faraday, Ruhmkorff, Edison, Ferraris, Deprez et bien d'autres encore, connus et inconnus.

V. Gultzgoff, E. C. L., 1930.



Cliché Matériel S W.

Installation réalisée en 1912-1914
3 groupes turbo-alternateurs de 10.000/15.000 kw. à 1.260 t/m, biphasés 12,000 v.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

La technique actuelle des interrupteurs à haute-tension

par M. C. VARICHON, Ingénieur E. C. L.

Introduction

Les interrupteurs à haute tension jouent dans les réseaux modernes, un rôle que l'interconnexion a rendu de plus en plus important, et que les valeurs considérables, maintenant atteintes par les courants de court-circuit, ont rendu de plus en plus difficile. Par ailleurs, ces courants doivent être coupés avec une extrême rapidité afin de réduire au minimum les perturbations, et en particulier ne pas compromettre la stabilité des réseaux.

L'interrupteur à huile a été exclusivement employé jusqu'à ces dernières années pour la coupure des courants à haute tension. L'huile est en même temps bon isolant et bon agent d'extinction des arcs, mais présente des risques d'incendie et d'explosion qui, malgré les perfectionnements apportés à ce type d'appareil, n'ont fait que croître avec l'augmentation des tensions et surtout des puissances à couper. De plus, pour les très hautes tensions, il faut de très grandes quantités d'huile, environ 50 tonnes pour un interrupteur de 220.000 volts, dont le prix intervient pour une large part dans le coût de l'appareil (Voir fig. 1 et 2, disjoncteurs de construction classique).

Les recherches entreprises pour le remplacement des disjoncteurs classiques à grand volume d'huile ont conduit à un certain nombre de réalisations, parmi lesquelles nous citerons les disjoncteurs à air comprimé et les disjoncteurs à volume d'huile réduit. Ces deux solutions ne semblent d'ailleurs pas devoir se concurrencer, la première convenant particulièrement aux installations intérieures et aux moyennes tensions (jusqu'à 50.000 volts), la deuxième aux tensions plus élevées.

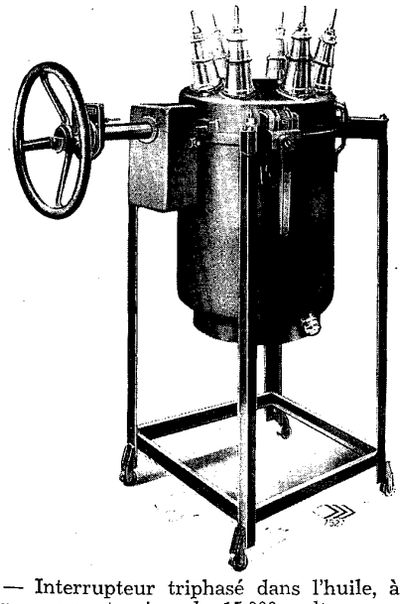


Fig. 1. — Interrupteur triphasé dans l'huile, à bec unique, pour une tension de 15.000 volts.

Les interrupteurs à air comprimé

L'idée semble assez simple d'utiliser un jet d'air comprimé pour souffler un arc, mais la réalisation présente d'innombrables difficultés que nous allons passer très brièvement en revue.

Si l'on veut couper de grands courants, il faut beaucoup d'air ; afin de réduire la quantité d'air au minimum, il est intéressant de séparer les contacts, entre lesquels l'arc prend naissance, à l'intérieur d'une tuyère, mais l'arc tend alors à s'opposer au passage de l'air, et pour chasser les gaz ionisés, il faut employer de fortes pressions. Il faut, de plus, un mécanisme permettant d'envoyer l'air à l'instant précis où les contacts se séparent.

L'action de l'air à haute pression (de l'ordre de 10 à 15 kg./cm^2) est brutale. Il se produit à la coupure de grands courants une forte détonation. La fig. 3 représente un appareil fonctionnant suivant ce procédé.

Un premier progrès, qui a permis d'abaisser la pression à des valeurs raisonnables (2 à 3 kg./

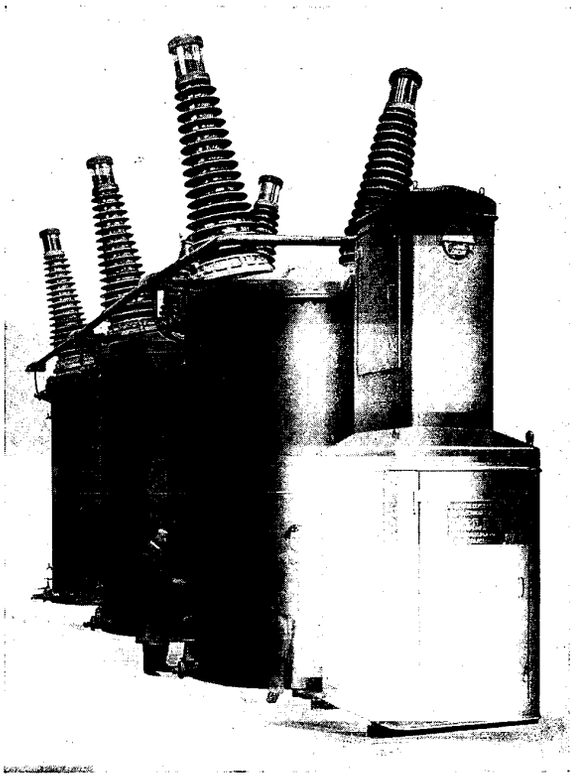


Fig. 2. — Interrupteur triphasé dans l'huile, à cuves métalliques, pour une tension de 220 kw.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

cm2) a été l'emploi de résistances qu'on insère en série avec l'arc pendant la coupure, pour réduire progressivement le courant et faciliter ainsi sa rupture.

L'utilisation de résistances peut paraître une complication au point de vue mécanique, mais l'air comprimé se prête particulièrement bien à l'application de résistances dont l'insertion se fait automatiquement.

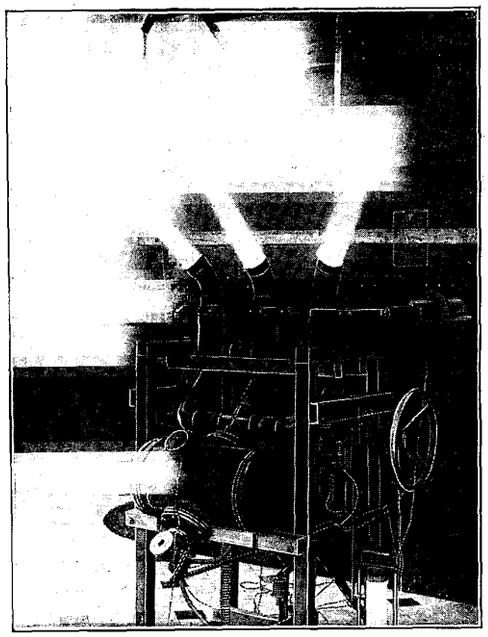


Fig. 3. — Interrupteur triphasé à soufflage axial (12 atmosphères) au moment de la rupture.

Avant de décrire le fonctionnement d'un disjoncteur pneumatique, rappelons qu'il s'agit de couper des courants alternatifs, seuls courants utilisés actuellement en haute tension, à de très rares exceptions près, qu'un courant alternatif s'annule à chaque demi-période et qu'un arc s'éteint à chaque passage à zéro du courant. Pour couper un courant alternatif, il faut empêcher le réallumage de l'arc lorsque le courant passe par zéro, ceci en désionisant le plus énergiquement possible l'espace compris entre les contacts de rupture. Plus l'intensité à couper est grande, plus les gaz produits par l'arc sont abondants, plus cette désionisation est difficile.

De plus, lorsqu'un court-circuit se produit, le courant est généralement limité par la réactance du réseau ou des machines, le cos φ est donc très faible, et lorsque le courant s'annule, la force électro-motrice est à ce moment maximum (voir fig. 4).

Reportons-nous maintenant à la fig. 5, croquis très simplifié d'un disjoncteur à air comprimé et examinons, grosso modo, le processus d'une coupure.

Lorsque les contacts k se séparent, un arc prend naissance, au même instant, un dispositif appro-

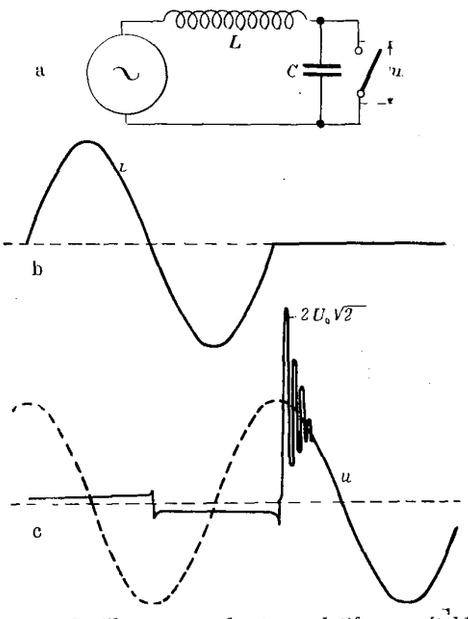


Fig. 4. — Oscillogrammes b et c relatifs au rétablissement de la tension après la coupure dans le cas du circuit purement inductif, avec capacité aux bornes de l'interrupteur et dont le schéma est représenté en a.

prié fait ouvrir la soupape S, l'air emmagasiné dans le réservoir v s'échappe et chasse l'arc sur les cornes incurvées placées après les contacts. L'arc rencontre les aubes métalliques a et se divise en un certain nombre d'arcs partiels, dont plusieurs se trouvent shuntés par des résistances.

Au premier passage à zéro du courant, tous ces arcs s'éteignent, tandis que l'air de soufflage balaye les gaz dans les chambres isolées ; la brusque élévation de tension qui se produit est localisée entre les aubes 5 et 7, qui vont seules se réamorcer, d'où un arc à courant réduit, qui se coupera facilement au passage à zéro suivant. La fig. 6 montre le relevé oscillographique d'une coupure.

Un tel interrupteur arrive facilement à couper 300.000 kva. sous 15 kv. avec de l'air à la pression de 2 kg./cm2. Son seul inconvénient est d'être assez encombrant ; nous l'avons mentionné seulement pour montrer un dispositif simple d'insertion et de coupure, toutes les opérations de commutation étant effectuées par l'air seul.

Cet appareil transformé suivant la fig. 7, où l'on remarque à la partie supérieure un pare-flammes combiné avec un pare-bruit est actuellement construit d'après le croquis de la fig. 8. Les fig. 9 à 11 montrent quelques réalisations.

Les interrupteurs " Auto-pneumatiques "

Les appareils dont nous venons de parler nécessitent une réserve d'air comprimé, et par conséquent un compresseur. Pour palier à ce léger inconvénient et pour des puissances de coupure moyennes, il a été créé un nouveau type d'interrupteur dit « Auto-pneumatique », qui comprime lui-même son air en déclenchant. C'est d'ailleurs pour ce type d'appareil qu'apparaissent particulièrement les avantages de la coupure par

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

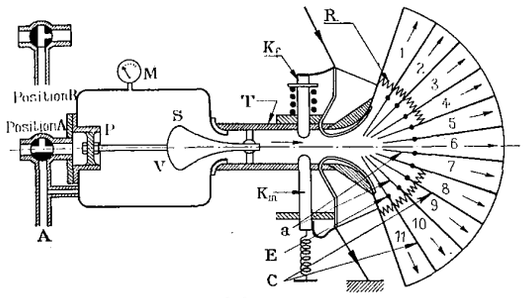


Fig. 5. — Disposition schématique d'un interrupteur à fractionnement de l'arc et à résistances de shuntage d'un certain nombre d'arcs partiels : A, arrivée d'air comprimé ; a, ailettes ; C, cloisons isolantes ; E, électrodes ; Kf, contact fixe ; Km, contact mobile ; M, manomètre ; P, piston ; R, résistances ; S, soupape ; T, tuyère isolante ; V, réservoir d'air.

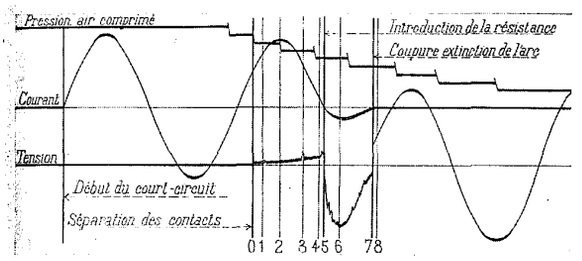


Fig. 6. — Oscillogrammes du courant et de la tension lors de la rupture d'un courant de 10.000 A sous 10 kv effectuée par un interrupteur pneumatique à résistance de grande puissance.

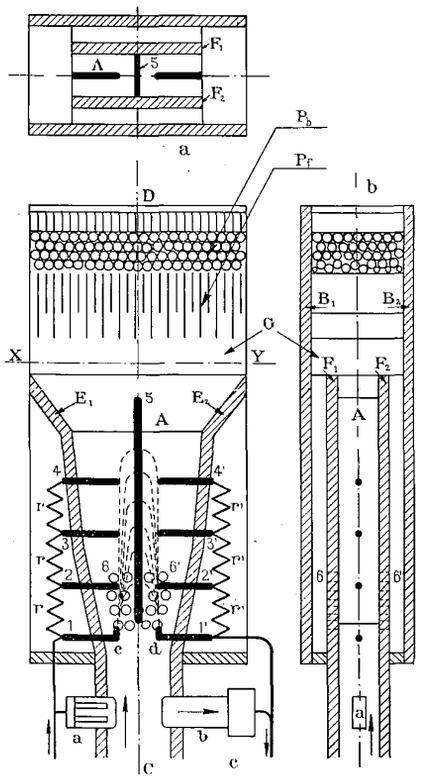


Fig. 7. — Cheminée d'interrupteur pneumatique à électrodes successives et résistances : a, coupe suivant XY de c ; b, coupe suivant CD de c ; c, coupe axiale.

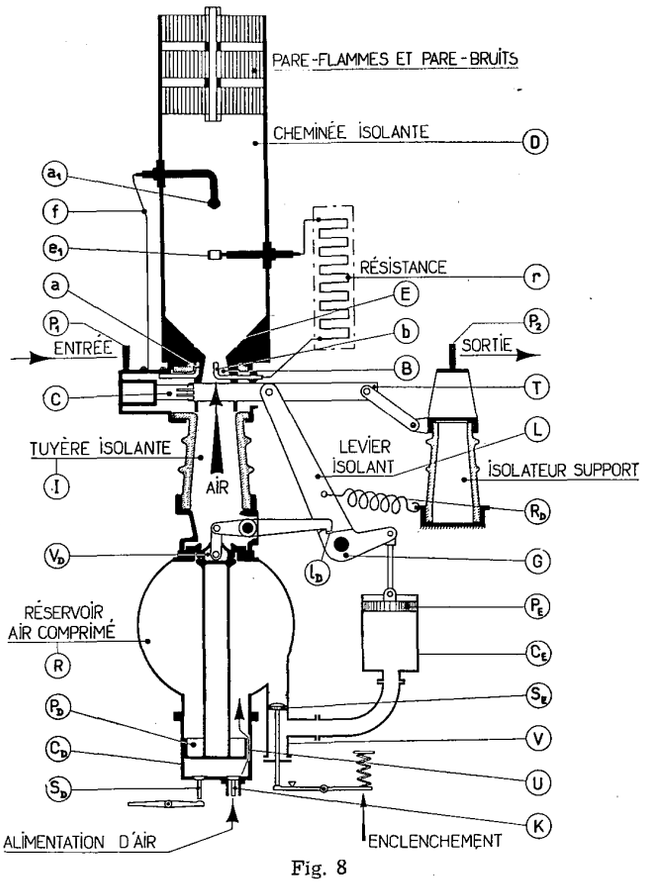


Fig. 8

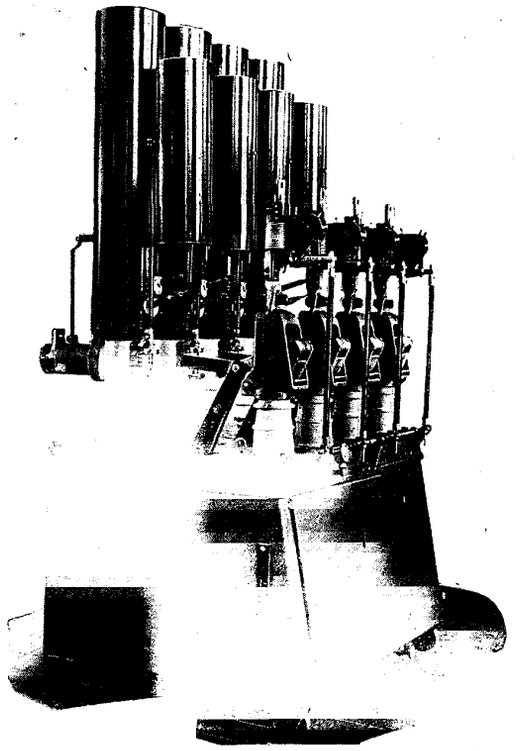


Fig. 9. — Vue d'un interrupteur pneumatique tétrapolaire fonctionnant à la pression de 3 kg : cm², de 600.000 kv-A, sous 12 kv, avec relais à commande directe.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

insertion de résistance. Il en existe plusieurs réalisations suivant la puissance de coupure exigée, mais le principe de fonctionnement en est toujours le même.

Pour les faibles pouvoirs de coupure, ces appareils se présentent sous l'apparence d'un sectionneur (fig. 12), dont le fonctionnement est le suivant (fig. 13).

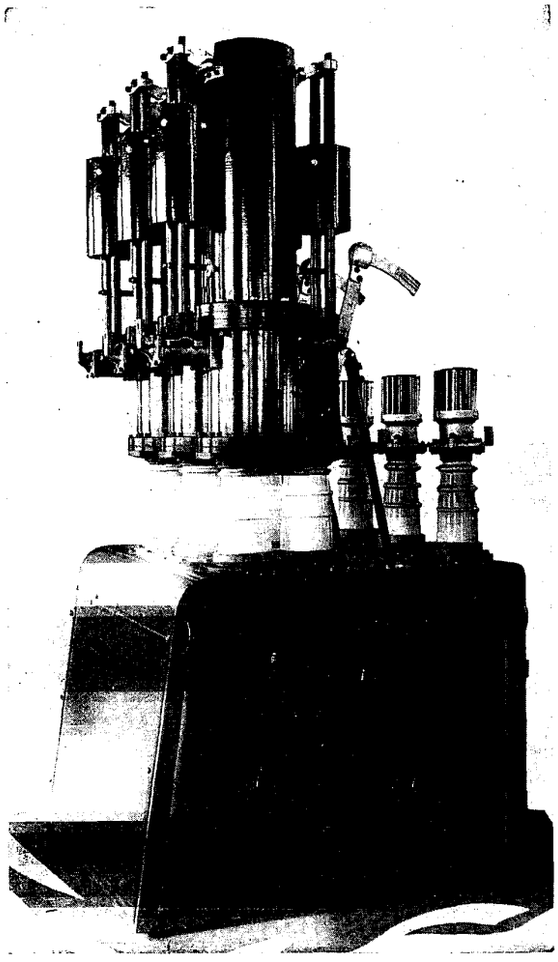


Fig. 10. — Vue d'un interrupteur pneumatique tripolaire type AF7 pour une tension de 35 kv et un pouvoir de coupure de 600.000 kv-A et fonctionnant à la pression de 3 kg : cm^2.

Les bornes de l'interrupteur sont en 1 et 3 ; le couteau mobile en 2, sollicité par un bras isolant 7. Ici l'on a adopté le principe de l'arc primitif transversal transformé en deux arcs longitudinaux, en série, comme nous l'avons vu sur la fig. 7. La chambre de coupure 6 avec sa résistance 5, est fixée sur l'isolateur tuyère 9, communiquant directement avec le cylindre compresseur 10, placé sur le châssis, donc au potentiel de la terre. Le piston 11, sollicité par le ressort 12 fournissant l'air comprimé est relié au contact mobile 2 par un système de deux arbres I et II, l'arbre I étant l'arbre d'armement de l'interrupteur par le volant 13 à clabot 14 et l'arbre II, celui de commande de l'équipage mobile de l'interrupteur.

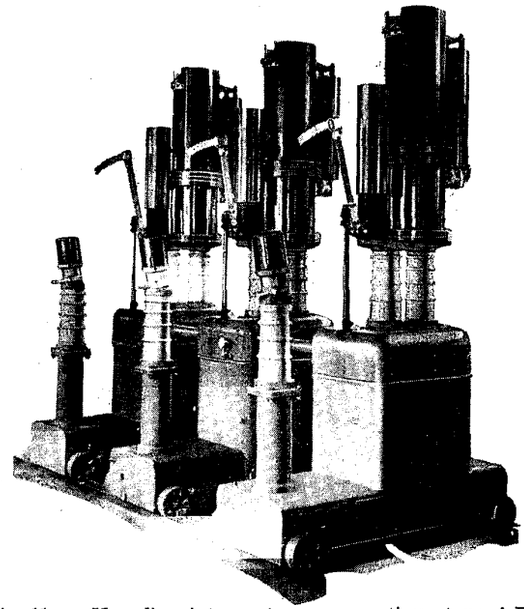


Fig. 11. — Vue d'un interrupteur pneumatique type A F 8 à pôles séparés pour 50 kv et 750.000 kv-A fonctionnant à la pression de 3 kg : cm^2.

Pour armer l'appareil, on tourne le volant dans le sens de la flèche, jusqu'au moment où la manivelle de l'arbre I accroche le cliquet 18. Pendant cette manœuvre, l'arbre II étant retenu par le cliquet 16, les ressorts 12 et 15 ont été bandés et l'interrupteur est alors prêt à enclencher. Pour cette opération, il suffit de libérer l'accrochage en 16 au moyen de l'électrode 17; le ressort 15 se détend en entraînant le contact 2 vers la droite jusqu'à sa position « enclenchée » déterminée par la fin de course de la biellc coulissante 20. Pour déclencher, on agit sur 19, qui, par l'accrochage en 18, libère l'arbre I sollicité simultanément par les deux ressorts 12 et 15.

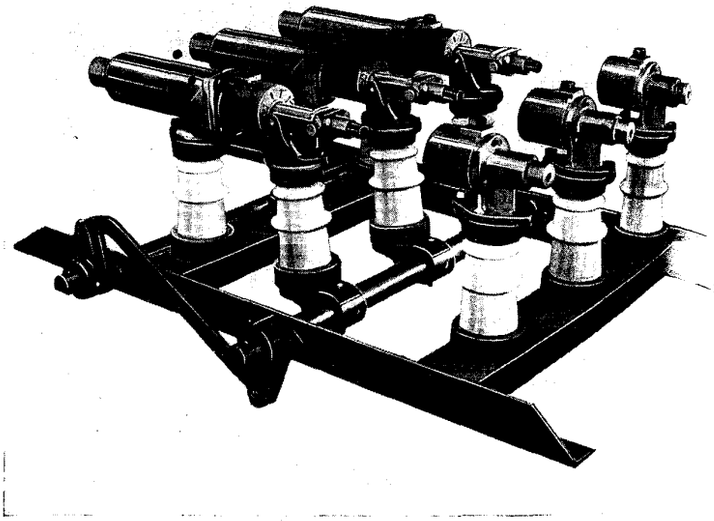


Fig. 12. — Vue d'un sectionneur autopneumatique pour 6 kv, 500 A, à commande à l'avant du tube mobile.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

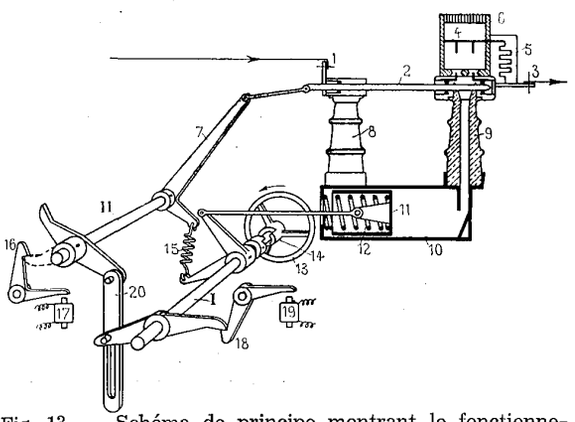


Fig. 13. — Schéma de principe montrant le fonctionnement d'un interrupteur autopneumatique à résistance avec dispositif d'enclenchement brusque par ressort indépendant.

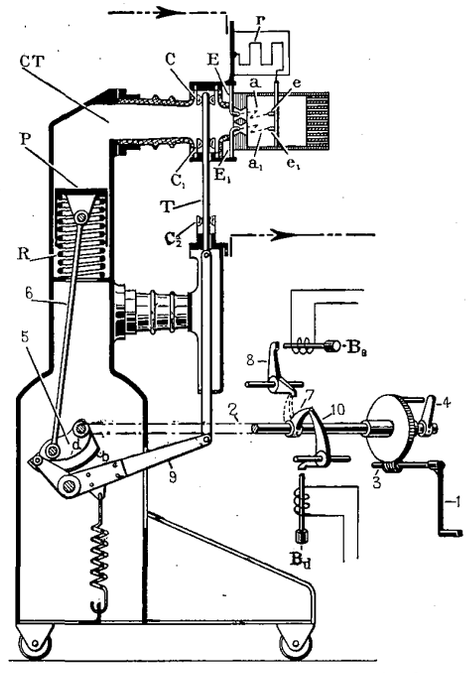


Fig. 14. — Schéma de principe montrant le fonctionnement d'un interrupteur autopneumatique de grande puissance.

Le piston 11 entre aussitôt en mouvement, comprimant l'air du cylindre 10, tandis que l'arc qui jaillira à l'extrémité du contact 2 ne s'allumera qu'après une certaine course de celui-ci réglée d'avance, de telle sorte que la pression ait atteint sa valeur optimum. Le fonctionnement électrique de l'interrupteur est alors identique à celui des interrupteurs pneumatiques. Un appareil de ce genre fonctionnant à une pression moyenne de 400 g./cm2 seulement, peut couper une puissance triphasée de 60.000 à 80.000 kva. sous 10 à 15 kv.

Une deuxième disposition plus robuste, et qui correspond à des puissances plus élevées, comprises entre 100 et 250.000 kva. (entre 6 et 25 kv.) est schématisée par la fig. 14. L'appareil comprend un cylindre vertical CT par phase, dans lequel se meut un piston P sous l'action d'un ressort R. A l'extrémité supérieure du cylindre se trouve un isolateur tuyère portant le contact principal C et le contact auxiliaire C1, et à l'extrémité de laquelle se trouve la cheminée à deux buses, avec une seule résistance *r* et une seule électrode d'extrémité *e*. Le courant mobile T se déplace transversalement au courant d'air, entre C et C1, comme dans les interrupteurs pneumatiques de grande puissance, sous l'action du bras isolant 9 mû par la came b. Les pistons des trois phases sont reliés par les bielles 6 à un vilebrequin 5, tournant toujours dans le même sens. La figure fait comprendre que le seul organe moteur est le ressort R. En position « fin de déclenchement » les pistons sont à fond de course supérieure. Pour manœuvrer l'appareil, il faut tout d'abord armer les ressorts R au moyen de la manivelle *l* (qui peut être remplacée par un petit moteur électrique). Dès qu'on dépasse le point mort inférieur du vilebrequin, celui-ci tend à continuer son mouvement par suite de la détente des ressorts R, mais il en est aussitôt empêché par le bec 7, qui s'accroche sur 8. Dans cette position, le galet du levier 9 se trouve au bas de la came d'enclenchement 5. L'interrupteur est alors prêt à enclencher, opération qui s'effectue par Be, qui libère le bec 7. Le vilebrequin tourne d'un certain angle correspondant à la montée de la rampe par le galet de 9, jusqu'à ce que 7 rencontre l'accrochage 10.

Pour déclencher, on pousse 10 par Bd, ce qui libère le vilebrequin ; le galet de 9 descend la rampe B, en entraînant les tiges T, tandis que les pistons P montent dans leur cylindre, en comprimant l'air qui s'échappera par les deux buses entourant les pare-étincelles E et E1. On voit ainsi que le mécanisme est très simple, puisqu'il ne comprend aucune soupape, et que sa commande consiste en un simple réducteur à vis qu'on tourne toujours dans le même sens.

La figure 15 montre la vue d'un de ces interrupteurs ayant un pouvoir de coupure de 200.000 kva. sous 15 kv. pour un courant d'intensité nominale de 500 A. Ses contacts sont construits pour

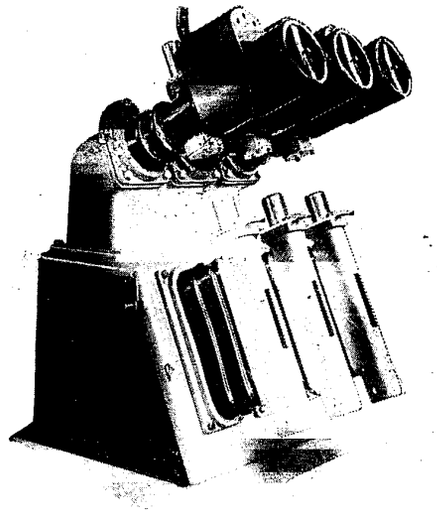


Fig. 15. — Vue d'un interrupteur autopneumatique type AM5 pour une puissance de coupure de 200.000 kv-A sous 10 à 15 kv et un courant nominal de 500 A.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

permettre des enclenchements sur 60.000 A (amplitude). La pression moyenne de l'air comprimé par les pistons est de 400 g./cm2.

Les interrupteurs à volume d'huile réduit

Les très hautes tensions impliquent généralement l'utilisation de matériel extérieur, le grand espacement nécessaire entre conducteurs et conducteurs et terre exigeant des bâtiments très onéreux.

L'utilisation de disjoncteurs à air comprimé du type extérieur se heurte à quelques difficultés d'isolement en particulier ; par ailleurs, l'emploi d'huile en petites quantités ne présente alors pas d'inconvénients.

Le principe de fonctionnement de ces appareils dits orthojecteurs repose sur les données suivantes :

Nous avons vu qu'un courant alternatif, un arc s'éteignant à chaque passage à zéro du courant, il fallait éviter son réamorçage en désionisant l'espace entre les contacts. Cette désionisation produite par l'air dans les interrupteurs décrits précédemment, est produite par l'huile et les gaz dûs à la décomposition de l'huile dans les interrupteurs orthojecteurs. La figure 16 représente le croquis schématique d'un tel interrupteur. La partie principale est la chambre de soufflage 1 en matière isolante placée dans un deuxième récipient 2, servant de réservoir d'huile. Ce récipient repose sur un isolateur support 3 ; son diamètre est de 200 mm. environ ; sa hauteur pour 150.000 V est de 1 m. ; sa contenance en huile est de 25 litres.

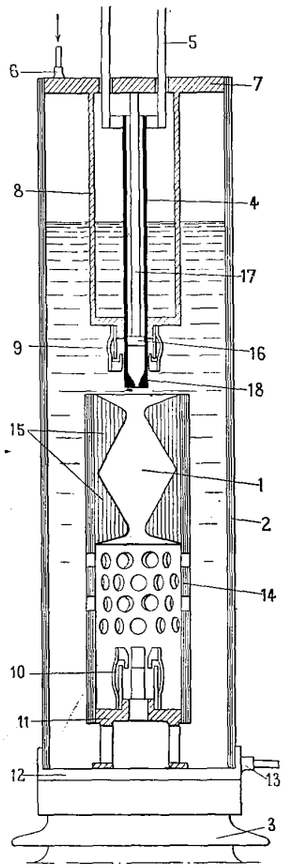


Fig. 16. — Croquis schématique d'un interrupteur orthojecteur : 1, chambre de soufflage ; 2, réservoir d'huile ; 3, isolateur support ; 4, tube mobile ; 5, tiges ; 6, borne ; 7, couvercle ; 8, support ; 9, contacts glissants ; 10, contacts fixes ; 11, support ; 12, couvercle inférieur ; 13, borne ; 14, tube ; 15, tuyères ; 16, piston fixe ; 17, tige ; 18, buse.

La partie mobile de l'interrupteur se meut verticalement et se compose d'un tube 4, prolongé par deux tiges 5, actionnées par le mécanisme de commande. En position « enclenché », le courant arrive par la borne 6, passe dans le couvercle 7, dans le support 8, dans le tube mobile 4 par l'intermédiaire des contacts glissants 9, dans les contacts fixes 10, dans le support 11, le couvercle inférieur 12 et sort par la borne 13. Au déclenchement, l'arc se forme entre les contacts fixes 10 et le tube mobile 4, comme dans un interrupteur ordinaire à rupture libre, car le tube 14 entourant l'arc possède de larges ouvertures n'entravant pratiquement pas l'évacuation des gaz.

Après ce premier parcours libre correspondant à la période préparatoire de la coupure, le tube mobile pénètre dans la chambre de soufflage munie de deux tuyères 15. L'arc décompose et vaporise l'huile de la chambre et engendre ainsi une pression qui provoque un échappement de gaz et d'huile par la tuyère inférieure 15. Cet échappement de gaz a pour premier effet, au cours d'une demi-période, avant l'annulation du courant, d'évacuer une partie des gaz formés par l'arc et par suite, de déioniser partiellement la gaine gazeuse ; d'autre part, cette évacuation continuelle fait que la pression dans la chambre ne peut pas acquérir de grandes valeurs, contrairement à ce qui se passe dans les pots d'explosion utilisés sur certains types de tuyauteurs.

Au moment du passage à zéro de l'intensité du courant, le jet de gaz et d'huile soufflant dans l'axe de l'arc (dans une atmosphère peu ionisée) refroidit la masse gazeuse entre les électrodes, augmente la longueur de l'espace isolant et provoque un rapide accroissement de la rigidité diélectrique ; le réamorçage de l'arc est ainsi empêché et la coupure est définitive. Cependant, comme

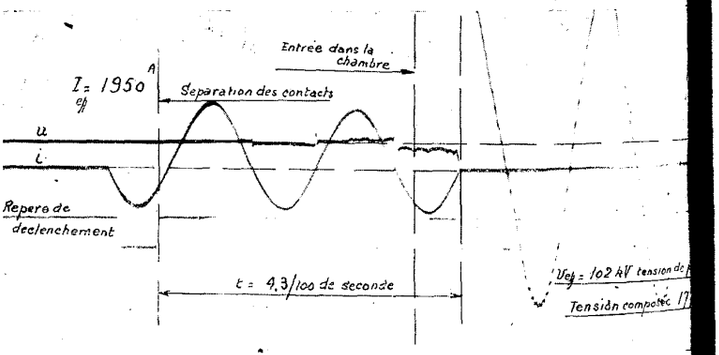


Fig. 17. — Oscillogramme de coupure d'un circuit pour un courant de 1.950 A sous un tension par phase de 102.000 v., relevé sur un pôle d'interrupteur « orthojecteur ».

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

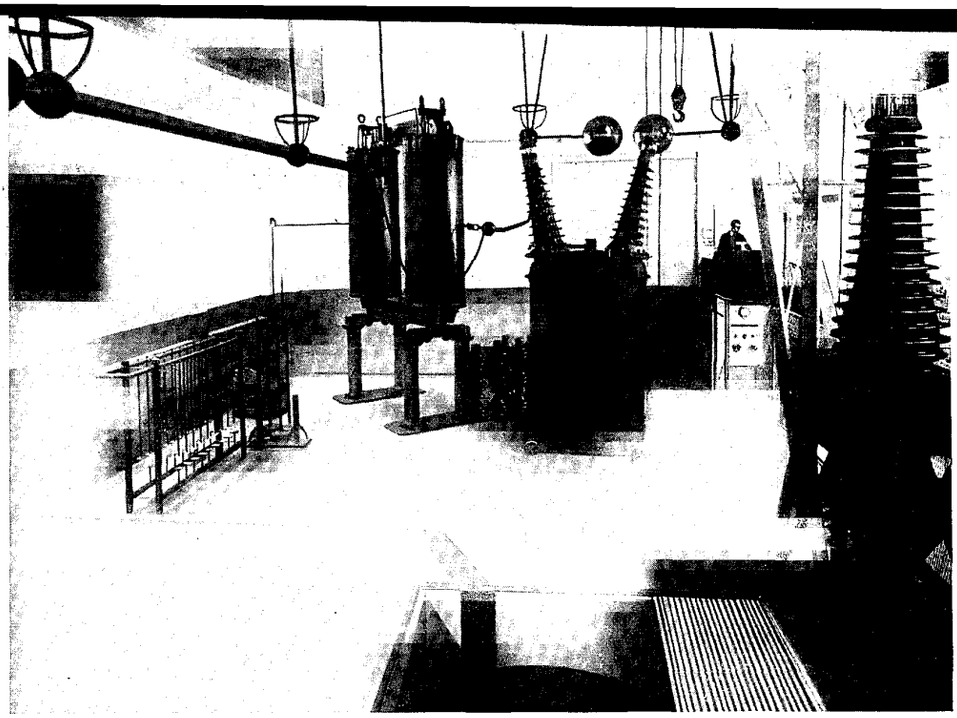


Fig. 21. — Laboratoire d'essai de contrôle à 750.000 v.

dans tous les systèmes à auto-extinction, le soufflage dépend de l'énergie de l'arc, c'est-à-dire de l'intensité du courant coupé. Pour des faibles courants (quelques centaines d'ampères) avec un facteur de puissance voisin de zéro, le soufflage risquerait d'être insuffisant pour produire l'extinction de l'arc dans le temps voulu et la durée de l'arc serait en tous cas augmentée.

Fig. 20. — Croquis schématique d'un pôle d'interrupteur « orthojecteur » à 150 kv, à faible volume d'huile : 1, isolateur support ; 2, porcelaine creuse ; 3, équipage mobile ; 4, double isolateur tournant ; 5, pignons coniques ; 6, système de bielles et manivelle ; 7, arbre ; 8, bras de sectionnement ; 9 et 10, ressorts.

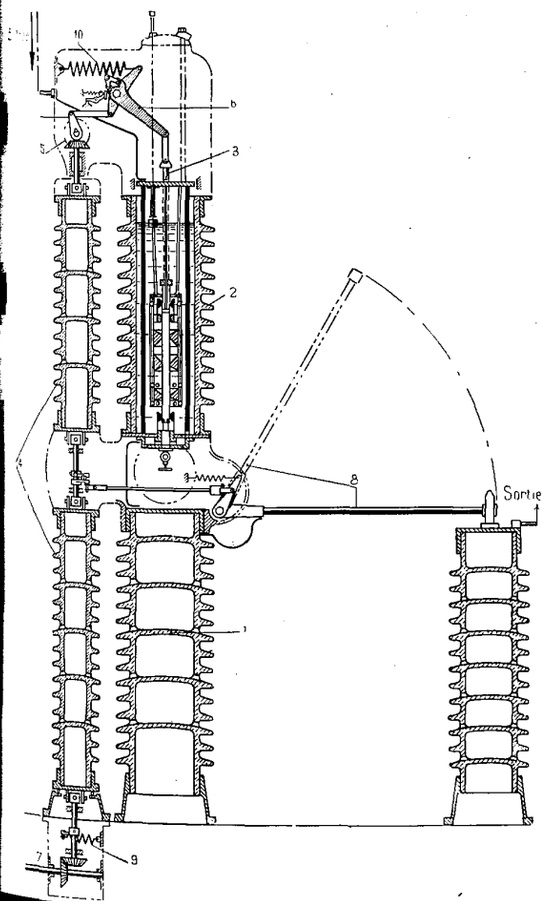
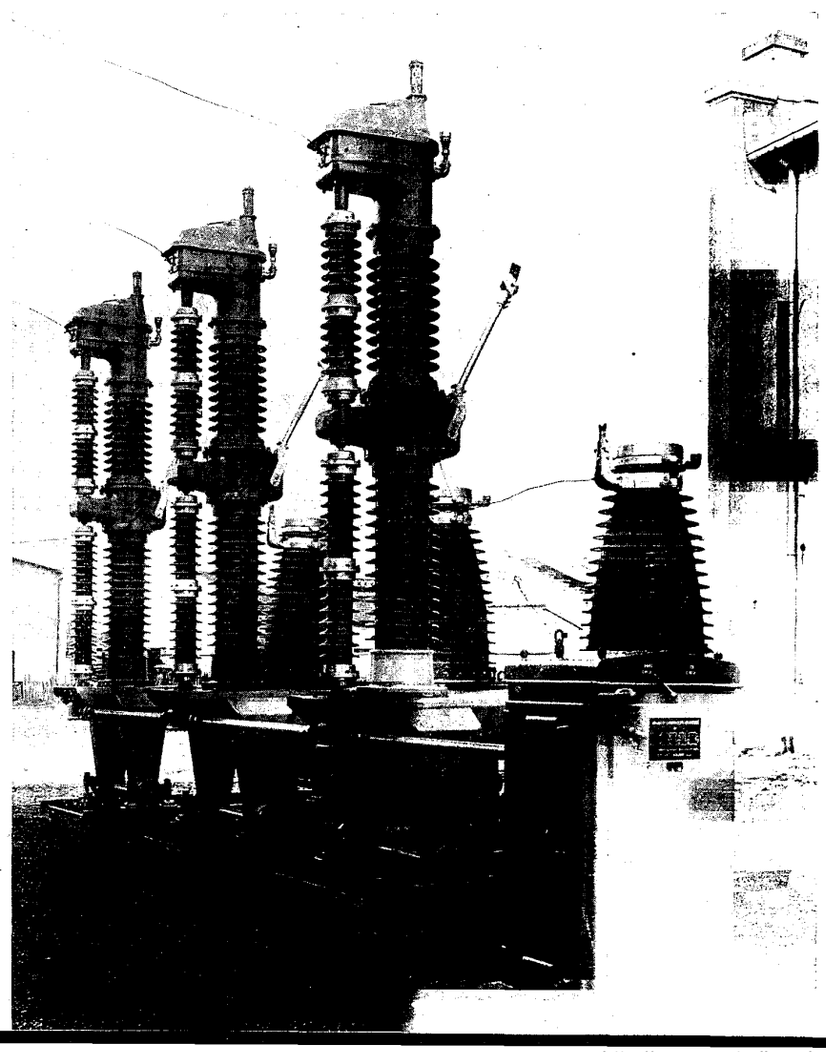


Fig. 18. — Vue d'un interrupteur « orthojecteur » à 150 kv. avec sa commande, installé pour les essais de coupure.



http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

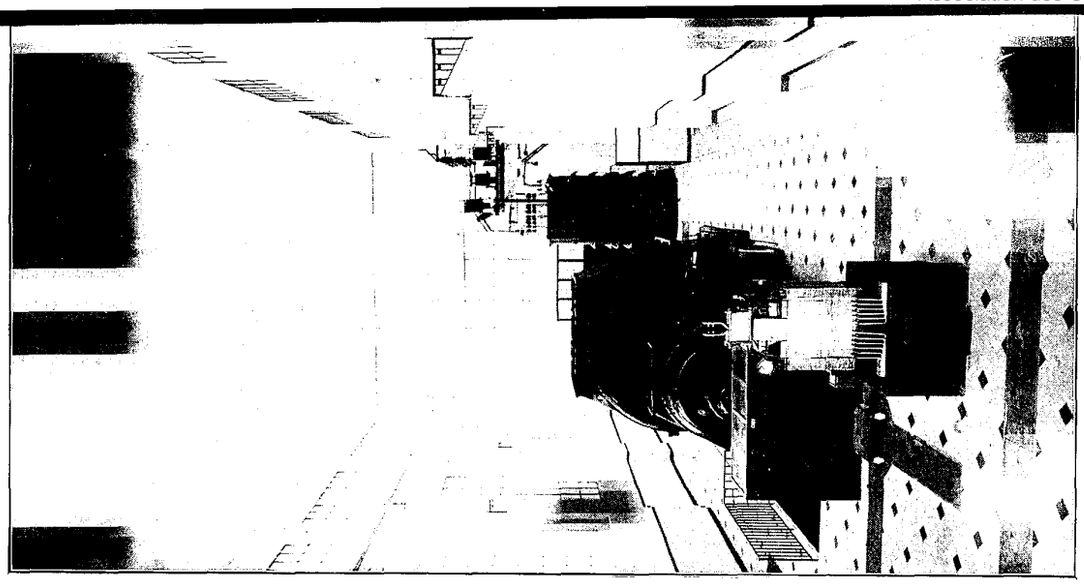


Fig. 22. — Hall des machines de la station d'essa

Pour remédier à ce défaut, on ajoute à l'énergie de l'arc une énergie auxiliaire extérieure indépendante du courant à couper et injectant de l'huile dans l'axe de l'arc. L'injection est réalisée très simplement à l'aide d'un piston fixe 16, relié au couvercle par l'intermédiaire d'une tige 17. Au déclenchement, l'huile se trouvant dans le tube mobile est expulsée à grande vitesse dans l'axe du système à travers la buse 18. L'énerige nécessaire à l'injection de l'huile est empruntée au ressort de déclenchement.

Ce dispositif agit en forçant l'arc à vaporiser une plus grande quantité d'huile et à augmenter, par suite, l'action du soufflage de la chambre pour les faibles courants. On arrive ainsi à obtenir une durée de coupure constante, quel que soit le courant à couper.

La figure 12 concerne l'oscillogramme de coupure d'un courant de 1.950 A. sous 102.000 v., sur un pôle d'interrupteur orthojecteur.

Les fig. 18 et 19 montrent les réalisations de tels interrupteurs pour 150.000 et 220.000 v., la fig. 20 la disposition de la partie active.

En plus de leurs qualités de rapidité de coupure

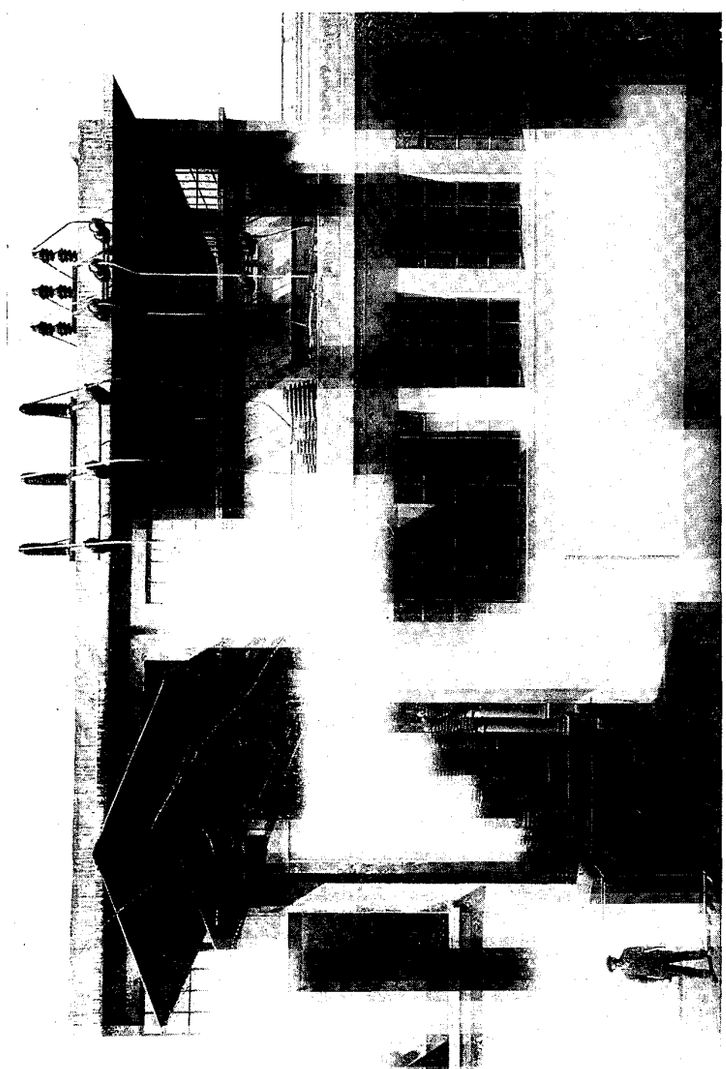


Fig. 23. — Vue d'une face latérale du bâtiment avec la cour d'essais contenant un interrupteur tripolaire orthojecteur, les connexions amovibles et les résistances de mesure.

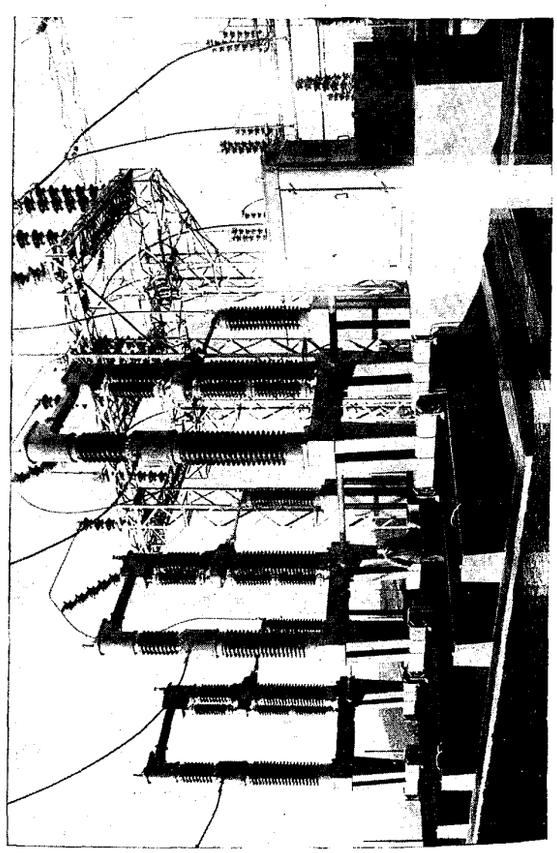


Fig. 19. Interrupteur orthojecteur à 220 kw. en service d'exploitation

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

et de grande sécurité, ces appareils sont d'un poids très réduit, d'un faible encombrement, d'une grande facilité d'entretien et permettent la suppression des installations de filtration d'huile.

Les essais de disjoncteurs

La mise au point de ces différents types de disjoncteurs a nécessité plusieurs années d'études ininterrompues et n'a pu être réalisée qu'avec l'aide d'un outillage scientifique des plus moderne, mis à la disposition des ingénieurs.

Avant de décrire succinctement la Station d'essais à grande puissance des Ateliers de Constructions Electriques de Delle, mentionnons le laboratoire d'essai à haute tension permettant d'atteindre 750.000 volts (voir fig. 21), l'installation génératrice de foudre artificielle à 500.000 volts, la salle de mesures contiguë à la Station d'essai comportant dans son équipement un oscillographe cathodique permettant d'examiner les phénomènes de coupure au millionième de seconde près, plusieurs oscillographes ou galvanomètres permettant de mesurer le cent millième de micro-ampère ou le milliard d'ampères, des appareils de prises de vues ultra-rapides (6.000 vues à la seconde), etc., etc.

La Station d'Essais à grande puissance (fig. 22 et 23) a été construite en 1928 ; des dizaines de milliers d'essais de coupure y ont été effectués ; elle a subi quelques transformations, en particulier, sa puissance a été portée à 500.000 kva., et la tension maxima a été augmentée jusqu'à 220.000 v. à l'aide d'un transformateur supplémentaire, d'une puissance de 1.000.000.000 de kva.

Elle se compose d'un alternateur 9.000 v., entraîné par un moteur de 1.500 chevaux, de transformateurs élévateurs ou abaisseurs de tension, de bobines de réactances pour régler la valeur des court-circuits, de divers interrupteurs de fermeture et de protection, et d'une salle de mesures.

Les interrupteurs à essayer sont placés dans une cour conçue de manière à assurer le maximum de sécurité, au personnel et aux locaux environnants. La tenue des appareils soumis aux essais est contrôlée de la salle de mesures, à travers une fente pratiquée dans une tôle de 8 mm., elle-même scellée dans un mur en bêton (fig. 24).

Conclusion

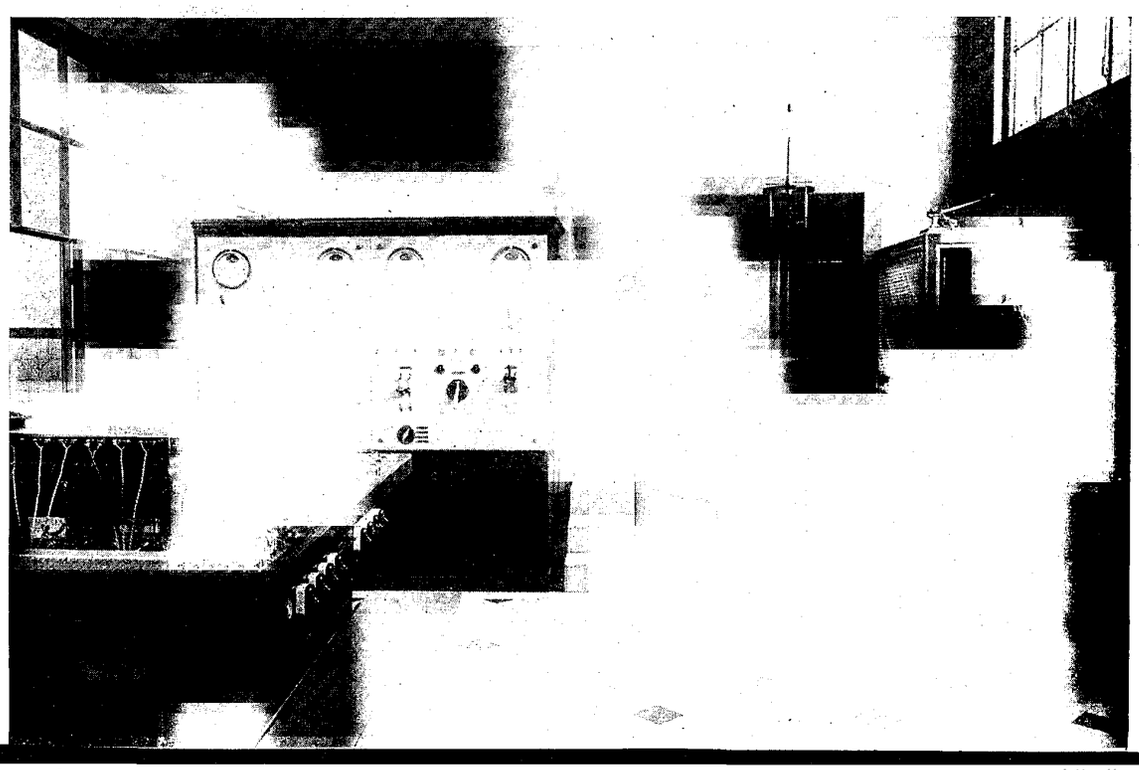
La recherche d'une sécurité de plus en plus grande a toujours été la principale préoccupation des techniciens de toutes les industries. Pour les interrupteurs haute tension, en particulier, cette sécurité que l'on a recherchée à tort dans l'augmentation du volume d'huile, et le renforcement des constructions, est aujourd'hui obtenue par des appareils fonctionnant suivant des principes nouveaux.

Une connaissance approfondie des phénomènes qui régissent l'arc électrique, et des lois qui président à son extinction a permis de s'affranchir des méthodes empiriques et de réaliser des appareils d'une technique originale, déjà sanctionnée par l'expérience de quelques années d'exploitation sur de nombreux réseaux français et étrangers.

De tels résultats, couronnant dix années de recherches méthodiques dans des laboratoires puissamment outillés, montrent les progrès récemment accomplis et contribuent au maintien de l'industrie électrique française à la place d'honneur qu'Ampère lui a donnée.

C. Varichon.
Ing. E. C. L. et I. E. G.

Fig. 24. — Salle de mesures de la station d'essais montrant les oscillographes Blondel, l'oscillographe Dufour et le créneau d'observation de la cour d'essais.



http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

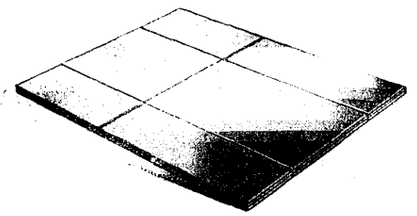
Un Emballage Moderne...

LA CAISSE CARTON ONDULÉ FORT

Qui dit COMMERCE ou INDUSTRIE dit EMBALLAGE de la marchandise. D'après les recherches auxquelles nous nous sommes livrés, les statuts de la Corporation des « Escriniers » remontent à 1291. Avec les siècles la profession se précise et, en 1521, les statuts des « Maistres Layetiers et Escreniers » reconnaissent aux dits Maitres le droit de faire « Tous escrains et layettes tant grandes que petites à mettre toutes marchandises ».

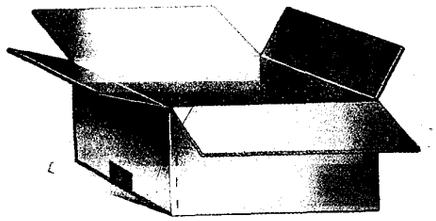
De nos jours, le CARTON ONDULE, né en Allemagne vers 1890, sert à fabriquer « toutes boites tant grandes que petites pour mettre toutes marchandises ».

Un emballage moderne, c'est la CAISSE CARTON ONDULÉ FORT.



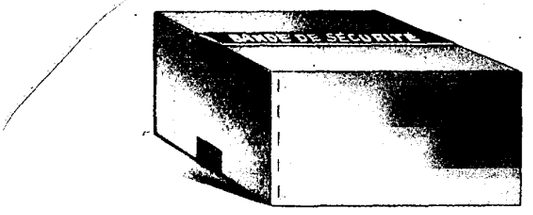
Caisse à plat.

A l'image des Corporations d'autrefois, la Chambre Syndicale des Producteurs de Carton Ondulé Fabricants de Caisses d'Emballages Contrôlées impose à ses adhérents des règles de fabrication très strictes pour leur permettre d'estampiller les Caisses Carton Ondulé selon le poids de marchandise qu'elles peuvent recevoir : 10 kgs., 15 kgs., 20 kgs., 30 kgs...



Caisse ouverte.

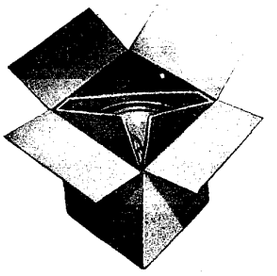
Avec la Caisse Carton Ondulé Fort de 10 à 30 kgs., le problème de la MANUTENTION est des plus simple : ni clous, ni marteau ; des bandes gommées ou du feuillard assurent l'INVIOLABILITE de la Caisse. Plus de lourdes caisses bois qu'un manutentionnaire dépose au sol plus ou moins rudement, au grand dommage de la marchandise.



Caisse fermée avec bande gommée.

D'ailleurs, par sa structure, LA CAISSE CARTON ONDULE ABSORBE LES CHOCS et protège la marchandise. Si les objets emballés sont fragiles ou ne garnissent pas exactement le cube de la Caisse, des garnitures diverses, spécialement adaptées aux objets et toujours en ondulé, empêchent tout ballottement intempestif. Ni paille, ni foin, ni fibre de bois, ni papiers de bourrage plus ou moins propres à enlever au déballage : quelques morceaux de carton ondulé seulement

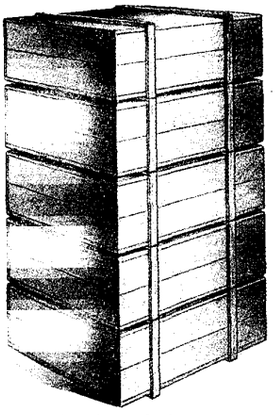
Ce radiateur électrique est maintenu en place dans sa caisse carton par une seule feuille d'ondulé.



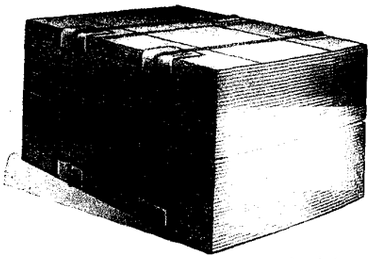
A plat, 50 Caisses Carton ne tiennent pas plus de place que 5 Caisses Bois de même cube intérieur ; l'ECONOMIE DE PLACE et la grande facilité de stockage qui en résultent ne sont pas négligeables.

Pour le transport des marchandises, l'économie due au FAIBLE POIDS de la Caisse Carton elle-même est importante : l'ondulé est trois fois plus léger que le bois.

Si l'on ajoute qu'une caisse carton est généralement meilleur marché qu'une caisse bois, on comprend tout l'intérêt de ce nouveau mode d'emballage.



5 caisses bois.



50 caisses carton à plat.
(de mêmes dimensions intérieures)

Une CAISSE CARTON ONDULÉ FORT ESTAMPILLÉE : c'est la certitude pour l'expéditeur que la marchandise parviendra sans aucun dommage au destinataire.

Pierre TARDY (E.C.L. 1923).

CHAMBRE SYNDICALE DES PROD. DE CARTON ONDULÉ - FABR. CAISSES D'EMBALLAGE CONTROLÉES
VALABLE POUR
30 Kgs
A. TARDY & Fils
LYON-MONPLAISIR
(RHÔNE)

MANUFACTURE DE PAPIERS ONDULÉS
— CAISSES CARTONS ONDULES —

ETS A. TARDY & FILS
S. A. R. L. Capital 270.000 francs
23 à 27, Rue Docteur-Rebatel
LYON - Monplaisir (3e)
Téléphone : MONCEY 27 - 46

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

L'application de l'Electricité en médecine et en chirurgie

par M. L. GUERRIER, Ingénieur E. C. L.

1°) RAYONS X

Parmi les applications de l'électricité, la transformation de celle-ci en rayons à haute pénétration : Rayons X, est une des plus utile à l'humanité souffrante.

Lorsqu'à la fin du XIXe siècle, le savant physicien Roentgen découvrit, par hasard d'ailleurs, que les rayons émis par une ampoule de Crook traversaient des corps opaques, corps humain y compris, il ne pouvait se douter de l'amplitude qu'allait prendre sa découverte.

Aujourd'hui, il n'y a pas un médecin qui n'ait son installation de radio-diagnostic ; ni de chirurgien qui ne fasse tirer un cliché de la fracture qu'il se propose de réduire, ou de l'estomac qu'il a l'intention d'opérer.

Le matériel moderne se compose :

1° D'une ampoule complètement vide d'air, dans laquelle pénètrent deux électrodes, l'une de celles-ci pouvant être chauffée à son extrémité au moyen d'une spirale de platine portée au rouge par le courant électrique.

2° D'un transformateur électrique élevant la tension du réseau de distribution jusqu'à 80.000, 100.000 ou 120.000, voire même 200.000 volts.

3° D'un écran fluorescent sur lequel se projèteront les ombres des objets examinés.

4° Des appareils de réglage permettant de faire varier la tension et l'intensité du courant.

Sous l'influence du flot d'ions émis par l'électrode incandescente (anode), le courant haute tension franchira le vide de l'ampoule et frappant la cathode se transformera en une émission conique d'un rayonnement nouveau, d'une fréquence extrêmement grande (des millions de fois plus rapide que celle des rayons lumineux), et d'une longueur d'onde infiniment petite.

Ces rayons, d'abord appelés rayons X, puis rayons Roentgen, du nom du savant qui les découvrit, ne sont ni rétractés, ni réfléchis, du moins par les instruments ordinaires. Ils traversent à peu près tous les corps opaques, et avec d'autant plus de facilité que leur poids moléculaire est plus faible. Les étoffes, si épaisses soient-elles, sont parfaitement transparentes, ainsi que le bois. Les muscles, la peau, les viscères se laissent assez bien traverser. Les poumons se laissent traverser parfaitement. Les os sont un peu plus opaques. Parmi les métaux l'aluminium est très transparent. Le fer, le cuivre, le zinc sont plus difficiles à traverser. Le plomb, l'or, le platine, qui ont un poids moléculaire très élevé, sont considérés comme opaques sous une épaisseur de 1 à 2 m/m, tout au moins pour les rayons de pénétration moyenne. De plus, les rayons X impressionnent les plaques photographiques.

On aperçoit tout de suite le parti que le médecin et le chirurgien pourront tirer de ces propriétés.

Un malade tousse-t-il, vite un coup d'écran ; si ses poumons sont atteints de tuberculose, même commençante, quelques parties de ceux-ci seront moins transparentes que les parties voisines, et formeront sur l'écran des régions un peu plus opaques.

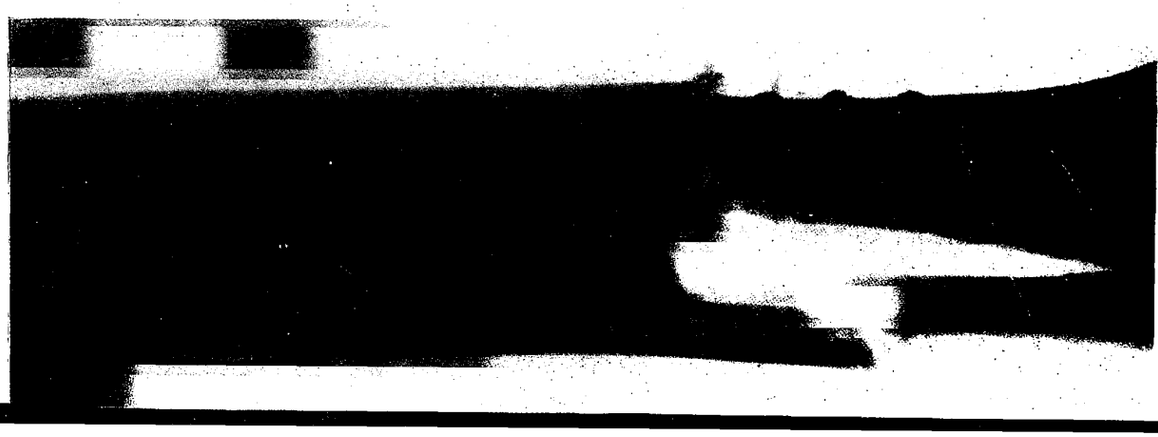
Un malade souffre-t-il de l'estomac, a-t-il des digestions difficiles avec vomissements ? on lui fait absorber une bouillie de sulfate de baryum, corps opaque, et nous verrons sur l'écran se dessiner en ombre chinoise tout son appareil digestif : œsophage, estomac, intestin.

On peut alors observer les rétrécissements œsophagiens, s'il en existe, les ulcères de l'estomac qui diminuent, ou même arrêtent la circulation de la bouillie, les cancers qui avancent dans l'estomac en prenant la place des aliments. On verra, de même, si l'intestin fonctionne normalement, s'il n'est pas distendu ou rétréci et s'il s'évacue dans le temps normal.

Le malade souffre-t-il du rein, du foie, de la vessie, une radiographie (photographie au moyen des rayons X) montrera si ces organes ne sont pas le siège d'un calcul ou d'une autre anomalie.

Mais ce sera surtout la chirurgie osseuse et la chirurgie de guerre qui utiliseront au maximum les propriétés de nos fameux rayons. Pas de fracture, pas de luxation, pas de projectile ayant pénétré à travers le corps, qui ne donnent lieu à l'établissement d'un cliché photographique sur lequel le chirurgien verra exactement la position des os rompus ou déplacés et des projectiles. Et lorsque la réduction sera effectuée, ou l'extraction opérée, un nouveau cliché lui permettra de se rendre compte que tout est remis en place, ou que tous les fragments du projectile ont été extraits.

Fracture multiple de la jambe, osthéosynthèse du tibia



http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Avant-bras col défectueux
du radius et du cubitus

Mais ce n'est pas tout. Les rayons Roentgen ont encore la propriété, s'ils sont très pénétrants, de tuer certaines cellules, les cellules jeunes, celles du cancer entre autres.

D'où une application assez récente : la radiothérapie. En utilisant des tensions très élevées pouvant aller à 200.000 volts, on obtient un rayonnement X très pénétrant qui, dirigé sur la région à traiter, avec interposition de filtres convenables, a souvent permis la guérison ou tout au moins le soulagement des malades.

Telle est la principale application des rayons Roentgen, et elle est d'importance.

Les rayons X ont encore d'autres applications: ils ont servi à se rendre compte de l'homogénéité de pièces de métal ouvré, en utilisant de très hautes tensions. On les utilise également dans les laboratoires de recherches physiques sur la constitution de la matière ; mais je ne puis m'étendre plus longuement sur ces applications.

En résumé, nous avons donc pu nous rendre compte par le rapide exposé qui précède du champ d'application extrêmement important des Rayons obtenus eux-mêmes par transformation de courants électriques.

2°) DIATHERMIE ET DIATHERMO-COAGULATION

Voici une application encore plus nouvelle de l'électricité à la médecine et à la chirurgie.

Si nous constituons un ensemble émetteur d'onde tout-à-fait semblable à un émetteur de T. S. F. avec transformateur, self, condensateur et éclateur (pouvant être remplacé par des lampes d'émissions spéciales), nous obtiendrons des courants de fréquences très élevés, pouvant aller à des millions par seconde, qui seront très bien supportés par le corps humain.

Alors qu'à la fréquence 50, un courant de 0 a. 10 peut être mortel ; à la fréquence 1.000.000 on peut faire passer dans le corps 1, 2 ou même 3 ampères, suivant la région, sans amener une autre sensation que celle d'une douce chaleur (effet Joule).

Ce sera d'ailleurs là l'utilisation principale de ces courants : chauffer le corps intérieurement, bien mieux que ne pourrait le faire un apport extérieur de calories.

Veut-on combattre certaines douleurs du genou, par exemple : on placera une électrode (feuille de métal souple) au mollet, une autre à la cuisse et on fera passer le courant entre elles. Le genou sera chauffé assez fortement et la douleur disparaîtra après quelques séances.

Veut-on soigner certaines affections abdominales, une électrode dorsale et une autre ventrale laisseront passer entre elles un courant assez intense (2 a., 5 à 3 a.), qui amènera bien souvent la guérison. Cela s'appelle la diathermie.

Si maintenant nous remplaçons l'une des électrodes par une aiguille. A l'endroit touché par cette aiguille, nous déterminerons une coagulation des tissus par brûlure et nous détruirons de la sorte bien des petites maladies superficielles de la peau, qui résisteraient à tout autre traitement. C'est la diathermocoagulation.

Si nous mettons maintenant à la place de l'aiguille, une lame, la peau sera coupée par cette lame plus facilement qu'avec un scalpel et la plaie ne saignera pas, car les vaisseaux capillaires sectionnés sont en même temps obturés par coagulation. C'est ce qu'on nomme le bistouri électrique, l'une des inventions les plus récentes et les plus intéressantes concernant le matériel chirurgical.

J'en ai fini avec la radio-électricité. Si nous pouvons voir à travers le corps humain, si nous pouvons photographier un os brisé ou un calcul, si nous pouvons chauffer le corps sans l'électrocuter, ou le couper sans le faire saigner, c'est à Ampère que nous le devons, à Ampère dont les découvertes géniales sur l'induction ont permis d'établir des machines capables de nous fournir les courants électriques importants, absolument nécessaires aux applications que nous venons d'examiner rapidement.

L. Guerrier, 1902
Chef du Service Radiologique
de l'Hôpital de Vienne (Isère).

Main. — Fracture du radius.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LE PRIX DE L'ELECTRICITÉ

Grâce aux commodités nouvelles mises par les Compagnies à la disposition du public, il est possible de réaliser chez soi, à de bonnes conditions, un éclairage moderne rationnel et confortable, rendu économique par les nouveaux tarifs d'électricité.

En effet, de nombreuses Compagnies d'électricité s'orientent vers une nouvelle politique de tarif qui favorise les consommations importantes quelle que soit la nature de l'utilisation. Aux tarifs lumière, force, chauffage, cuisine, chauffe-eau se substituent les formules de tarifs mixtes avec primes fixes ou les triple-tarifs qui permettent d'obtenir des réductions importantes, même sur l'éclairage.

Dans certaines régions, à Lyon en particulier, les réductions sur l'augmentation de la consommation peuvent atteindre jusqu'à 80 % dans certains cas.

En d'autres termes plus pratiques, on peut remplacer une lampe de 100 watts par une lampe de 500 watts, sans doubler le montant de la dépense.

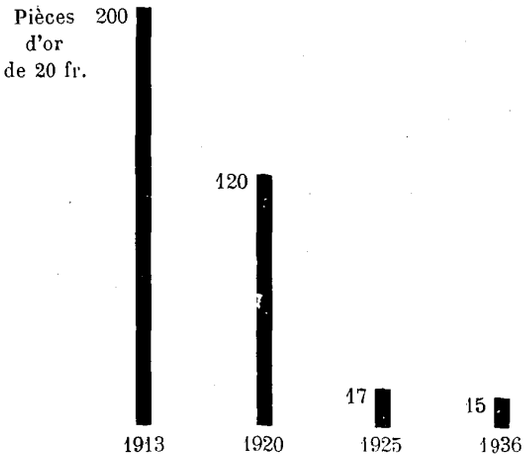
Ces nouveaux tarifs ont, d'autre part, l'avantage de ne nécessiter qu'un seul compteur; l'ensemble des consommations est facturé au tarif le plus faible. D'autre part, il n'est pas imposé de minimum de consommation. Seul, un droit fixe annuel est demandé à chaque abonné, ce droit étant basé sur l'importance de l'appartement ainsi que sur la puissance installée.

Il en résulte que ces tarifs favorisent dans la plus large mesure le développement du confort dans le home.

Un exemple, valable pour la région lyonnaise, fera mieux comprendre le principe de ce tarif. Un abonné occupant un local de 4 pièces et consommant annuellement 300 francs de courant électrique pourra généralement installer un éclairage rationnel, profiter de tous les avantages de petits appareils domestiques, si pratiques pour le repassage, le nettoyage, le chauffage de l'eau, le chauffage d'appoint, avec une dépense annuelle d'électricité de 600 à 800 francs permettant une consommation d'énergie électrique 3 à 6 fois plus élevée qu'avec les anciens tarifs. Cette dépense aurait donc été, avec les anciens tarifs, de 900 à 1.800 francs. Dans le premier cas, la réduction de tarif est de 33 % et dans le second elle est de 55 %.

Le graphique ci-dessous montre d'ailleurs, de façon éloquente, le bon marché actuel du chauffage électrique.

Prix de revient du chauffage électrique
d'un appartement de 200 mètres cubes (5 pièces)



Ces exemples, mieux que tous autres commentaires, permettent de se rendre compte de l'amélioration des conditions de la distribution d'énergie électrique.

Le Service Vulgarisation de la Compagnie du Gaz de Lyon est à la disposition de ses abonnés pour donner tous renseignements complémentaires sur l'application de ces nouveaux tarifs. S'adresser au Siège social, 5, place Jules-Ferry, ou au magasin principal de la place de la République.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

Les bienfaits du lavage électrique

Le blanchissage est vraiment de toutes les corvées ménagères celle qui impose le plus de soucis à la maîtresse de maison.

C'est pour tel foyer la difficulté de trouver une employée qui veuille bien se charger de ce travail et qui le fasse dans de bonnes conditions.

C'est pour tel autre foyer l'appréhension de l'envoi du linge à la blanchisserie où il subit la promiscuité du lavage en commun et l'obligation de renouveler fréquemment le trousseau familial, qui s'use rapidement par l'emploi des produits caustiques.

Pour la maîtresse de maison qui fait elle-même le travail du blanchissage c'est la certitude d'une journée de fatigue, à la fin de laquelle. harassée de fatigue, elle n'a plus le courage de préparer les repas, de s'occuper de ses enfants, de sa famille et de profiter des joies de son foyer.

L'électricité, cette fée créatrice, devait dans ce domaine, comme dans beaucoup d'autres, transformer complètement les habitudes et les méthodes de lavage.

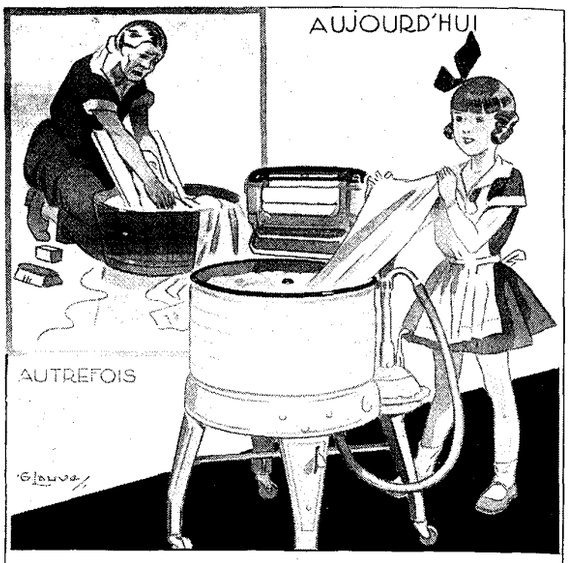
Dès aujourd'hui, avec la **Laveuse électrique Calor**, il n'est plus nécessaire d'envoyer votre linge à la blanchisserie, il n'est plus nécessaire de peiner pendant toute une grande journée, il n'est plus nécessaire d'avoir recours à une personne spécialisée pour cette question du blanchissage. Désormais vous pouvez faire chez vous la lessive, sans vous imposer la moindre fatigue.

Le trempage du linge, le lavage et le rinçage sont effectués dans la cuve même de la laveuse. Toute manipulation du linge est évitée. Vous faites la lessive en appuyant sur quelques manettes et en ouvrant un robinet. En une heure de temps vous ferez le travail qui, jusqu'ici, demandait une grande journée.

La première qualité de la laveuse électrique **Calor** est la suppression de l'usure du linge. Sa deuxième qualité est la simplicité de son fonctionnement et la rapidité d'exécution. Sa troisième qualité est l'économie importante de temps et d'argent qu'elle permet de réaliser au foyer.

L'achat d'un appareil de cette nature est un placement productif qui peut avoir comme intérêt principal un enrichissement spirituel, car vous pouvez du même coup acheter une laveuse électrique et gagner de nombreuses heures de lecture.

En outre le prix d'une laveuse électrique **Calor** peut être remboursé en moins de deux ans par les économies réalisées sur les notes de blanchissage et par la suppression de l'usure du linge. Le lavage électrique **Calor** est certainement le placement le plus sûr et le plus productif au foyer. Elle transforme le jour monotone et triste de la lessive en un jour agréable. Elle ennoblit le foyer moderne.



Supprimez cette corvée

fatigante de la lessive. Libérez-vous des soucis du blanchissage, en adoptant chez vous

la laveuse électrique

Calor

Pour une dépense de 30 centimes de courant à l'heure sans usure, sans frottement, elle lave seule, rince et essore, en quelques minutes, aussi bien les draps et couvertures que les lingeries les plus fragiles.

Songez, Madame, aux nombreuses heures de loisir que vous allez gagner chaque semaine. Songez aux économies que vous allez réaliser par la suppression des notes de blanchissage et de l'usure du linge.

Cette merveilleuse machine
(Modèle Suzy n° 1)
sera chez vous pour un premier versement de ..... **223 fr.**
et 12 mensualités de même somme.

Réclamez aujourd'hui l'envoi gratuit de la notice :
« les merveilles du lavage électrique »
avec les attestations enthousiastes reçues par centaines.

Calor

PLACE DE MONPLAISIR LYON

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

L'Électricité au foyer domestique

par M. ESTRAGNAT, Ingénieur E. C. L.

De jour en jour l'utilisation de l'électricité prend de l'extension dans nos foyers : de nombreux appareils ménagers simples et pratiques ont pu, grâce à elle, prendre naissance, nous apporter le confort et l'hygiène et rendre agréables dans un ménage, des besognes autrefois fastidieuses. Des tarifs réduits, mis depuis plusieurs années en vigueur par les Compagnies de distribution d'énergie électrique, permettent de ne plus considérer comme un luxe l'emploi de ces appareils, ainsi que nous le verrons par la suite en examinant le coût de consommation de quelques-uns souvent considérés à tort de nos jours, comme onéreux.

En examinant les différentes classes d'appareils électro-ménagers, on peut citer (1) :

1° **Appareils à moteurs.** — Les aspirateurs de poussières à seau ou à sac, cireuses, batteurs de tapis, instruments de cuisine ou d'appartements mus par moteurs électriques (tels les hache-viandes, moulins à café, machines à coudre...), ventilateurs, etc...

2° **Appareils chauffants.** — Fers à repasser, bouilloires, percolateurs, théières, chauffe-plats, grille-pain, réchauds à feu visible ou obscurs, radiateurs, chauffe-liquides (thermo-plongeurs), cataplasmes électriques, chancelières, chauffe-bains, accumulateurs d'eau chaude, cuisinières, poêles à accumulation, chauffe-fers à friser, etc...

3° **Appareils mixtes.** — Machines à laver le linge et machines à repasser (calandreuses), machines à laver la vaisselle, sèche-cheveux, armoires frigorifiques.

Une telle énumération, incomplète d'ailleurs, donne une idée de l'étendue de ce domaine et nous devons, dans un article forcément restreint, nous limiter à ne décrire que quelques spécimens des plus courants et des plus importants, sans pouvoir entrer dans le détail de la construction.

Aspirateurs de poussières. — L'aspirateur de poussières, un des appareils électriques les plus répandus dans le monde, doit son développement à ce qu'il permet de nettoyer sur place, sans avoir à les déplacer, les tapis, tentures, fauteuils, etc., de façon beaucoup plus parfaite que par tout autre moyen, et dans des conditions d'hygiène absolue.

Un aspirateur à seau comporte une cuve fermée par un couvercle serré sur joint étanche, une buse d'aspiration et une buse de soufflage.

A l'intérieur de la cuve sont disposés un moteur électrique avec turbine fixée sur son arbre, et un sac à poussières ou filtre. Le circuit d'air est combiné pour que l'air chargé des poussières provenant du nettoyage et entrant par la buse d'aspiration traverse le filtre, d'où il sort purifié, avant de pénétrer dans la turbine par laquelle il est aspiré et rejeté à l'extérieur, à travers la buse de soufflage (fig. 1). Aussi bien à l'aspiration qu'au soufflage, s'adapte un tube souple et étanche, à l'extrémité duquel se fixent différents accessoires suivant la nature du nettoyage à exécuter.

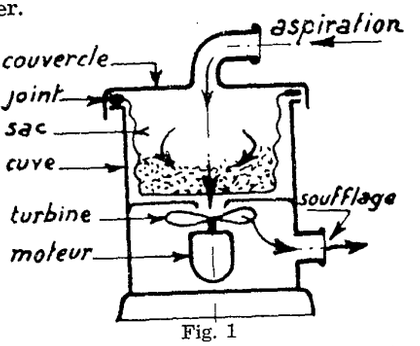


Fig. 1

Cet aspirateur très portatif et comportant parfois un chariot sur lequel on peut le poser, pour rendre plus aisé encore son déplacement, permet le dépoussiérage facile de toutes les parties d'une pièce, grâce aux accessoires qui l'accompagnent (fig. 2). En outre, pour éviter aux oreilles sensibles le bruit du ronflement du moteur et du bruissement de l'air, les appareils modernes ont été étudiés pour être parfaitement silencieux ; des dispositifs spéciaux tels que suspension du moteur sur caoutchouc, double enveloppe, forme appropriée des orifices, réalisent ce perfectionnement.

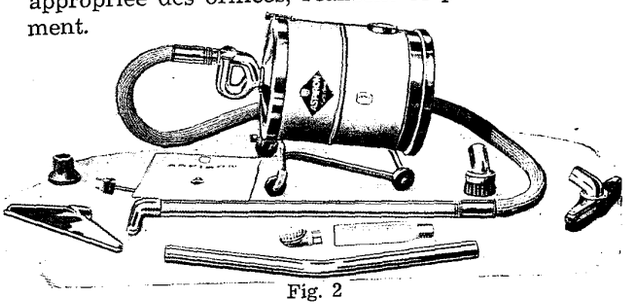


Fig. 2

Dans l'aspirateur dit « à sac », le circuit d'air est différent de celui qui vient d'être décrit ; l'air aspiré par un suceur placé très près du plancher passe dans la turbine et traverse le sac, pour se répandre ensuite dans l'atmosphère de la pièce. L'ensemble rigide suceur, moteur et turbine est monté sur petit chariot facilement manœuvrable au moyen d'un manche, de façon à déplacer le suceur sur toute la surface du plancher ou du tapis qu'il s'agit de nettoyer. La plupart de ces aspirateurs comportent aussi un volet obturateur placé près de la turbine permettant, par l'adaptation d'un tube souple, de s'en servir pour le dépoussiérage des meubles ou tentures (fig. 3).

Cireuses électriques. — A cet appareil revient le grand mérite d'éliminer beaucoup de fatigue et, même entre des mains peu expérimentées, de pouvoir nettoyer et lustrer des parquets

(1) Guide d'emploi des appareils électro-ménagers, publié par le Syndicat Général des Installateurs Electriciens Français.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

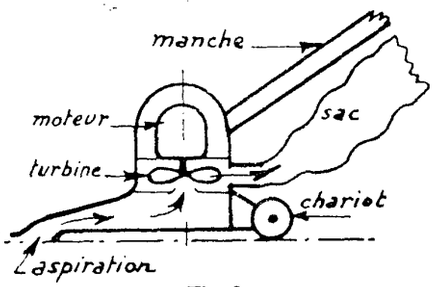


Fig. 3

cirés avec rapidité, très proprement et sans effort pour la personne qui en fait usage.

Il comporte un moteur électrique universel entraînant dans un mouvement de rotation, par un mécanisme démultiplicateur de vitesse, une brosse de forme cylindrique à axe horizontal ou des disques garnis de brosses. Quelques modèles existent également avec mouvement alternatif des brosses remplissant assez exactement le travail du pied d'un cireur. Des brosses métalliques ou des cylindres de carborundum permettent le nettoyage, tandis que des brosses de crin ou de soie servent à cirer et à lustrer le parquet. Ces opérations dégageant de la poussière, des cireuses sont prévues pour adapter pendant le travail, le tube souple d'un aspirateur sur un conduit de l'appareil, qui débouche dans le carter enveloppant la brosse. La gravure représente également un type de cireuse avec dispositif complet d'aspiration, qui absorbe toute la poussière soulevée sous le carter de la brosse (fig. 4).

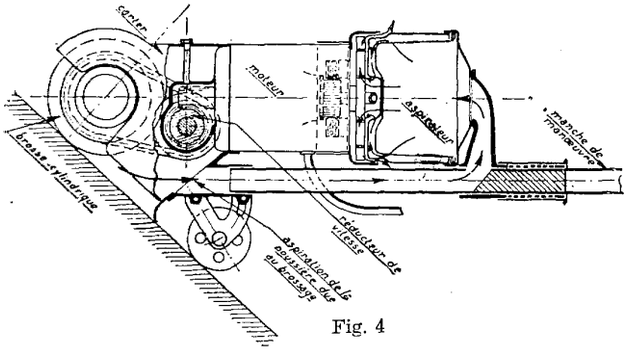


Fig. 4

Fer à repasser. — Cet accessoire presque indispensable est suffisamment connu et apprécié par toutes les ménagères, pour que nous n'énumérions pas ici ses qualités. Cependant, nous indiquerons un progrès notable réalisé par le *fer automatique*.

Le principe du fer électrique consiste à communiquer à une semelle de fonte la chaleur dégagée d'une « résistance » traversée par le courant, en appliquant aussi étroitement que possible cette résistance contre la semelle, avec simple interposition entre elles d'une feuille de mica indispensable à l'isolement électrique. Une contre-plaque assez lourde est placée au-dessus, l'ensemble est recouvert d'un capot surmonté d'une poignée (fig. 5).

Avec un fer ainsi conçu, une repasseuse avisée doit toutefois prendre des précautions pour travailler sur des pièces de lingerie fine et parfois couper le courant pour diminuer un peu la chaleur du fer, ou au contraire arrêter le repassage quelques instants pour laisser accumuler la chaleur, lorsqu'il s'agit de linge plus gros fortement humidifié.

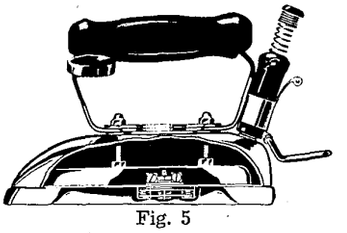


Fig. 5

Le fer automatique a une puissance augmentée de façon à pouvoir maintenir la température suffisante, même dans le dernier cas ; mais sitôt qu'elle est légèrement dépassée, un « thermostat » coupe automatiquement le courant et ne le rétablit qu'après une faible baisse de cette température, que l'on peut considérer pratiquement comme constante. La consommation n'est pas augmentée du fait de la surpuissance, puisque le temps de passage du courant est strictement limité au minimum pour maintenir la chaleur suffisante. La manœuvre d'un bouton muni d'un index règle instantanément la température spéciale exigée par chaque genre de tissus : soie, laine, coton, fil, etc... (fig. 6).

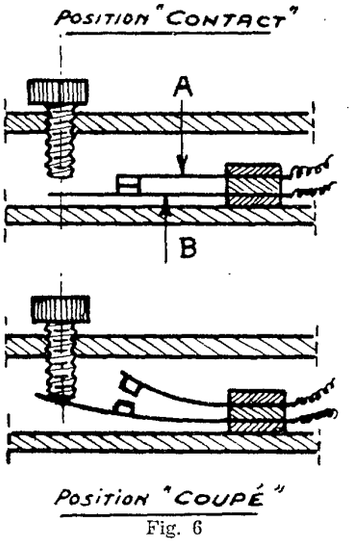


Fig. 6

La réalisation du petit régulateur de chaleur appelé « thermostat » est basée sur le principe suivant bien facile à comprendre : si on constitue un élément par deux lamelles métalliques soudées l'une à l'autre, et de coefficients de dilatation nettement différents, sous l'action de la chaleur, l'allongement inégal des deux lamelles provoquera une courbure de l'ensemble du côté du métal le moins dilatable. Il suffira alors d'insérer dans le circuit d'alimentation de la résistance du fer deux éléments A et B, ainsi constitués et réunis à leur extrémité par un contact ; la dilatation provoquera une courbure de chacune des lames. A une certaine température, cette cour-

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

bure s'accentuant, une butée limitera le mouvement d'une des deux lames provoquant la rupture du circuit. Par léger refroidissement, le contact sera rétabli et ainsi de suite. Le réglage de la position de la butée permet d'obtenir une température plus ou moins basse.

Cuisinière électrique (fig. 7). — La cuisinière électrique que l'on voit s'implanter de plus en plus dans les cuisines modernes, n'est-elle pas l'appareil idéal ? Sa construction entièrement en tôle émaillée conservant même à l'usage l'éclat du

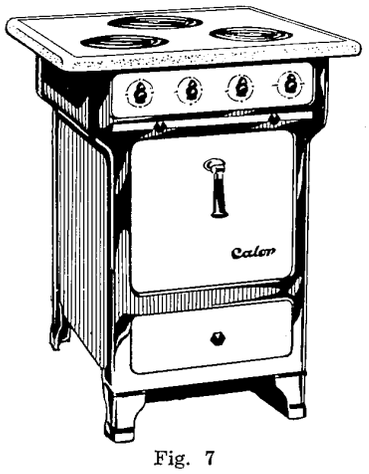


Fig. 7

neuf, grâce à l'absence de toute flamme, en fait un meuble de cuisine décoratif, toujours propre tout en n'exigeant qu'un entretien minime. A la commodité de sa manœuvre par commutateurs commandant chaque corps de chauffe et le réglant instantanément à la température voulue, à la rapidité et à l'automaticité du chauffage s'ajoute, ce qui est intéressant, la modicité du prix de revient; on peut en effet, prendre comme base approximative de consommation par personne et par jour : 1 à 1,5 kilowatt-heure, ce qui, avec les tarifs actuels correspond à une dépense maximum de 0 fr. 50.

Foyers de cuisson. — Une cuisinière comprend deux, trois et même quatre plaques chauffantes et un ou deux fours. Le chauffage de ces différentes parties est réalisé à l'aide d'éléments « Calrod » ou « Backer », comportant une spirale de fil de haute résistivité électrique noyée à l'intérieur d'un tube métallique dans un isolant électrique comprimé, bon conducteur de la chaleur. La grande robustesse mécanique, ainsi que la mise à l'abri de la résistance du contact de l'air et de l'humidité, donnent à ces éléments une garantie de très grande durée. Ces tubes peuvent être incurvés et présenter des formes variés.

Chaque plaque porte deux éléments tubulaires : l'un disposé au centre et le second enveloppant le premier. La figure ci-contre permet de suivre facilement leurs circuits (fig. 8).

Un commutateur à quatre directions, bien à portée de la main de l'usager permet trois allures de marche : moyenne allure (élément central seul sous courant), pleine allure (élément central et extérieur sous courant), allure lente (éléments central et extérieur sous courant, mais couplés

Fig. 8

Fig. 9

électriquement en série), la position O correspond à la coupure du courant.

Les tubes chauffants enroulés à plat à la forme convenable sont placés et maintenus entre deux tôles minces rainurées par emboutissage pour leur logement ; l'ensemble est soudé électriquement et forme ainsi un bloc pratiquement indéformable (fig. 9). Dans d'autres modèles, les tubes de forme analogue à ceux décrits ne sont pas serrés entre deux tôles, mais placés à nu pour supporter directement les récipients à chauffer. On conçoit dans les deux cas, la rapidité du chauffage, étant donné la faible masse entrant en jeu. Il existe également des plaques massives en fonte, où les éléments chauffants sont noyés dans une forte masse métallique, qui servent principalement pour tout ce qui ne demande pas un chauffage rapide, mais une longue durée de cuisson.

Four. — Le four est formé par une caisse en tôle à double paroi, garnie de matière calorifuge (laine de verre en général), et munie d'une porte également calorifugée. L'absence de toute combustion à l'intérieur autorisant une fermeture presque étanche, les pertes de chaleur sont réduites au minimum, d'où un rendement calorifique élevé.

Les éléments chauffants, en général au nombre de deux : un à la partie supérieure, et l'autre à la partie inférieure, sont constitués par des serpentins tubulaires renfermant les résistances chauffantes, et ne différant que par la forme extérieure de ceux décrits pour les plaques. Un commutateur permet également la mise en service de ces deux résistances dans les mêmes conditions que pour une plaque.

Armoires frigorifiques (fig. 10). — Si l'armoire frigorifique n'est pas un élément indis-

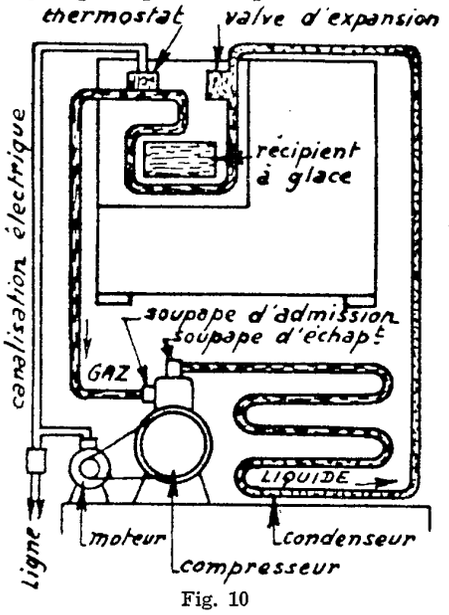


Fig. 10

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

pensable dans un ménage, elle est cependant d'une utilité incontestable ; en mettant les aliments à l'abri de la moisissure et de la fermentation, elle autorise des achats en gros pour la consommation de plusieurs jours et procure en outre, l'agrément de pouvoir rafraîchir les boissons et de servir certains mets plus savoureux lorsqu'ils sont froids.

Pour obtenir une partie de ces avantages, quelques ménages employaient autrefois une glacière, mais avec l'armoire frigorifique, plus de planchers salis par la manipulation des blocs de glace ou par débordement des eaux de fusion en cas d'oubli de vidange, plus de réapprovisionnement en glace, donc indépendance et automaticité complète avec possibilité de graduer l'intensité de réfrigération, froid sec indispensable pour la conservation des aliments, ce qui n'était pas toujours le cas dans une glacière ; gain de place, propreté, enfin prix de revient de la frigorie moins onéreux qu'avec la glace ; en effet, les 8.000 à 9.000 frigories que cèdent 100 kgs de glace seront produits dans une armoire courante avec une consommation totale de 6 à 8 kw.-h., soit à peu près 2 fr. 50 en prenant des chiffres moyens.

Les petits frigorifiques de ménage ne diffèrent pas comme principe de celui d'installations plus importantes. Dans les appareils dits à compresseur, un gaz est liquéfié par compression et refroidissement dans un condenseur. La détente et l'évaporation dans un serpentin situé à l'intérieur de l'armoire frigorifique produisent une grande absorption de chaleur, d'où baisse appréciable de la température de l'enceinte, qui est naturellement parfaitement calorifugée. La compression dégageant de la chaleur, le compresseur et le petit moteur électrique qui l'actionne sont disposés à l'extérieur du frigorifique, ainsi que le condenseur, qui se réduit souvent à un simple serpentin muni d'ailettes, et refroidi par ventilateur avec des gaz facilement liquéfiables. Les agents frigorigènes peuvent être : l'anhydride sulfureux, le chlorure de méthyle, l'ammoniaque, etc.

Un thermostat placé à l'intérieur de l'armoire coupe le courant sur le moteur lorsque la température est suffisamment basse, et la maintient pratiquement constante, en remettant le courant sitôt qu'elle augmente légèrement. Un bouton de réglage permet d'agir sur le thermostat et de faire varier dans certaines limites le degré de froid.

Pour la bonne conservation des aliments, la température moyenne la plus généralement admise est aux environs de + 5°. Du fait que le froid est beaucoup plus intense dans la zone la plus voisine du serpentin, où se détend le fluide frigorigène, on en profite pour y loger des petits récipients contenant de l'eau, qui sera convertie en glace. Certains appareils dits à absorption utilisent pour la production du froid l'évaporation d'ammoniaque liquide, activée par l'absorption des vapeurs dans l'eau froide au fur et à mesure de leur production ; la dissolution ammoniacale ainsi produite, chauffée par résistance électrique par exemple, laisse dégager l'ammoniaque en vapeurs, qui se liquéfient dans un condenseur, pour venir alimenter à nouveau l'évaporateur.

Ces frigorifiques, s'ils ont l'avantage de ne comporter aucun organe en mouvement ont, par contre, un rendement peu élevé.

Appareils à accumulation. — Le rôle de ces appareils est d'accumuler la chaleur produite électriquement de nuit ou aux heures creuses de la journée, pour la restituer au fur et à mesure des besoins de l'usager.

Le prix de l'énergie consommée dans ces conditions est particulièrement avantageux et varie, à Lyon, par exemple, de 0 fr. 14 à 0 fr. 20 le kw.-h. suivant la puissance.

Chauffe-eau. — Le réservoir, de forme cylindrique bien connue, est constitué par une double paroi fortement calorifugée. L'eau froide pénètre dans l'appareil par un clapet de retenue, qui s'oppose au retour de l'eau chaude dans la canalisation d'alimentation. Une gaîne métallique enfermant une résistance de chauffage convenablement isolée est noyée dans l'eau à la partie inférieure de l'appareil ; un thermostat règle la température à un niveau sensiblement constant et limite la consommation à l'énergie strictement suffisante pour le chauffage. Le tout est complété par un robinet de fermeture d'arrivée d'eau froide, et par une canalisation distributrice d'eau chaude partant de l'appareil.

La résistance électrique des appareils à accumulation est en général prévue pour chauffer en 8 heures aux environs de 90 degrés, la totalité de l'eau du réservoir.

La consommation horaire d'un appareil de 100 litres est d'environ 1,3 kw.

Poêles à accumulation de chaleur. — Les tarifs réduits consentis pour l'énergie électrique dans le cas d'appareils à accumulation et même à semi-accumulation, autorisent à ne plus considérer le chauffage électrique comme un simple moyen d'appoint de chaleur dans le cas de chauffage insuffisant.

Le principe de ces appareils est simple ; la chaleur dégagée par des résistances aux heures de mise sous courant s'accumule dans des blocs de matière (pierre, brique, fonte), dans lesquels elles sont enrobées. Ces blocs sont portés par un robuste châssis garni de panneaux de fibrociment ou de carreaux de faïence. L'air entrant par la partie inférieure circule à travers les blocs, s'échauffe et s'échappe à la partie supérieure de l'appareil. Un registre permet d'obturer la circulation d'air pendant l'accumulation, et de la régler au besoin dans la journée. Un commutateur donne un chauffage plus ou moins intense suivant le nombre de résistances mises sous courant.

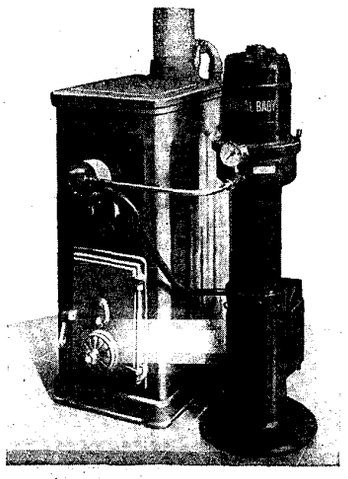
En résumé, les appareils électriques ménagers, dont nous venons d'étudier trop rapidement le principe des plus importants, gagnent chaque jour de nombreux adeptes. Le progrès qu'ils apportent dans la vie ménagère est tel que leur développement ne peut qu'augmenter.

L. Estragnat (1908).

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LE CHAUFFAGE AU MAZOUT EST LE CHAUFFAGE DE L'AVENIR



La chauffe au mazout est appelée à se substituer très vite à la chauffe au charbon dans les petites installations de chauffage central, et tout particulièrement dans les villas, où jusqu'ici l'emploi du combustible liquide lourd, paraissait impossible.

Les avantages de ce mode de chauffage sur les anciens procédés sont comparables aux avantages de la lumière électrique sur tous les autres procédés d'éclairage.

Il n'est pas douteux que le mouvement une fois amorcé, ne s'accentue très rapidement sous la poussée grandissante du besoin de confort, d'hygiène et aussi, il faut bien le dire, d'économie bien comprise.

D'économie, il y a peu de temps encore, il aurait été bien difficile de prononcer ce mot à propos du chauffage au mazout, mais il n'en est plus de même aujourd'hui.

Les combustibles liquides, c'est-à-dire les produits lourds, non frappés par les droits, sont actuellement produits en de telles quantités sur notre sol par les distilleries françaises, que leur prix baisse de jour en jour, permettant ainsi une lutte victorieuse contre tous les autres combustibles.

Outre cela, il faut tenir compte de l'énorme économie de temps de travail et d'incommodité, toutes choses bien connues des maîtresses de maison qui, dans bien des cas sont littéralement l'esclave de leur chaudière de chauffage central.

Enfin, les nouveaux appareils que nous avons vu fonctionner à la Foire de Lyon, sont particulièrement économiques, par suite d'un ingénieux dispositif de flamme renversée, qui leur confère un rendement inconnu jusqu'ici.

C'est ainsi que **la Société S. A. C. H. A. M., 67, rue Bellecombe, à Lyon, a étudié** et mis au point d'une façon parfaite un type spécial d'appareil, que ses avantages classent fort en avant du progrès.

Ce brûleur, entièrement automatique, se compose d'un groupe très simple pouvant se placer à côté, ou même si c'est nécessaire, à une certaine distance de la chaudière, et d'une tête de combustion s'adaptant sur la porte de chargement de cette dernière.

La transformation est extrêmement rapide et ne nécessite aucune modification aux appareils de chauffage existants.

Enfin, le dispositif de flamme renversée dont nous parlions plus haut, et dont l'importance ne peut échapper à personne est constitué simplement par la tête de combustion de forme spéciale, qui projette la flamme verticalement de haut en bas de la chaudière.

Parmi les avantages de ce dispositif, il faut citer en premier lieu, la lenteur de circulation des gaz de combustion qui, au lieu d'être poussés dans la cheminée par le ventilateur, comme c'est le cas dans les autres appareils, sont simplement aspirés à une très faible vitesse par le tirage de la cheminée.

On pourrait encore citer la répartition parfaite de la chaleur dans la chaudière, la possibilité de développer complètement la flamme, etc...

Ce qui n'est pas non plus un avantage de faible importance, ces brûleurs peuvent sans difficulté, sans réchauffage et sans modification d'aucune sorte, brûler les mazouts les plus lourds et même les huiles de vidange automobile mélangées avec du mazout, ce qui exclue complètement tout risque d'augmentation de prix de combustible par suite de droits nouveaux.

C'est un point sur lequel il est particulièrement intéressant de s'arrêter, car jusqu'à présent les constructeurs d'appareils à mazout, de petites puissances, ont toujours été obligés d'admettre dans leurs brûleurs l'emploi de produit léger (gas oil), mais dont le prix de revient est absolument prohibitif.

En un mot, les appareils construits par la **Société S. A. C. H. A. M., 67, rue Bellecombe, Lyon.** Téléphone L. 29-95, constituent le dernier mot du progrès, en matériel de chauffage automatique.

Il faut demander à la Société S. A. C. H. A. M. un catalogue particulièrement documenté, qu'elle met gracieusement à la disposition de tous.

UNION MUTUELLE DES PROPRIÉTAIRES

TRANSPORTS EN VRAC DE LIQUIDES INDUSTRIELS
DE LIQUIDES INFLAMMABLES
DE GOUDRON ET SES DÉRIVÉS

FABRICATION D'ENGRAIS ORGANIQUES DE VIDANGES

SANG DESSÉCHÉ MOULU — SERUM DE SANG — SANG STABILISÉ POUR TANNERIE — EXTRAITS ORGANIQUES

C. BURELLE

Ingénieur-Directeur (E.C.L. 1913)

Tous les Ingénieurs de la Société sont des E.C.L.

20, Rue Gasparin — LYON — Tél. : Franklin 51-21 (3 lignes)

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

L'appareillage Electro-Industriel

PETRIER, TISSOT & RAYBAUD

Société Anonyme au capital de 5.000.000 de francs

SIÈGE SOCIAL : 210, Avenue Félix-Faure

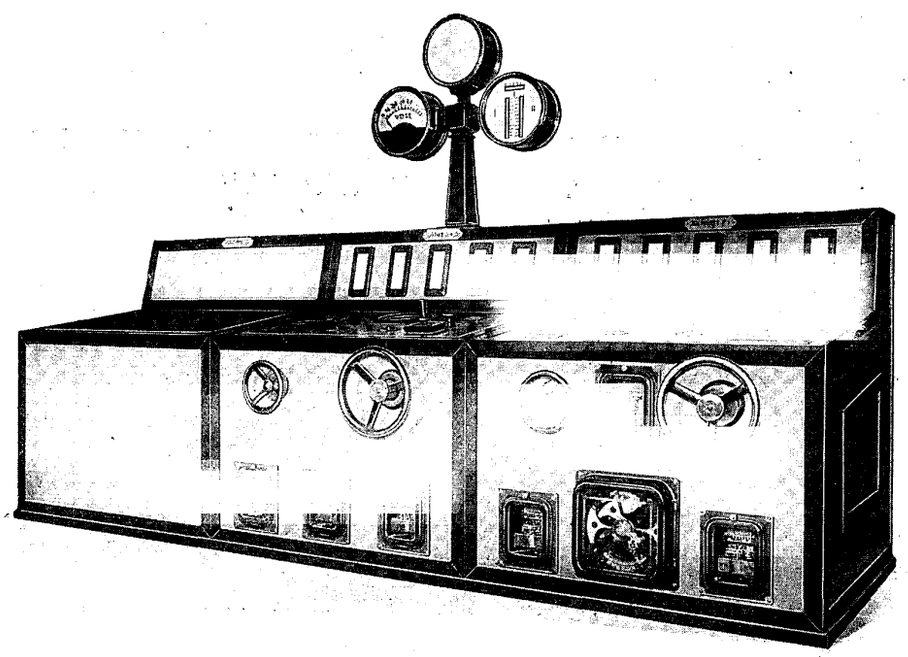
Téléph. : Moncey 05-01 (4 lignes)

LYON

Télégr. : ELECTRO-LYON

Tout l'appareillage électrique

Haute et Basse Tension
Appareillage automatique APEA
Tubes isolateurs et accessoires
Isolants divers - Pièces en matières moulées.
Moteurs électriques DELTA et DEMARREX
Electro-pompes NIL
Electro-Sirènes DELTA



BUREAUX DE PARIS : 32, rue de Londres

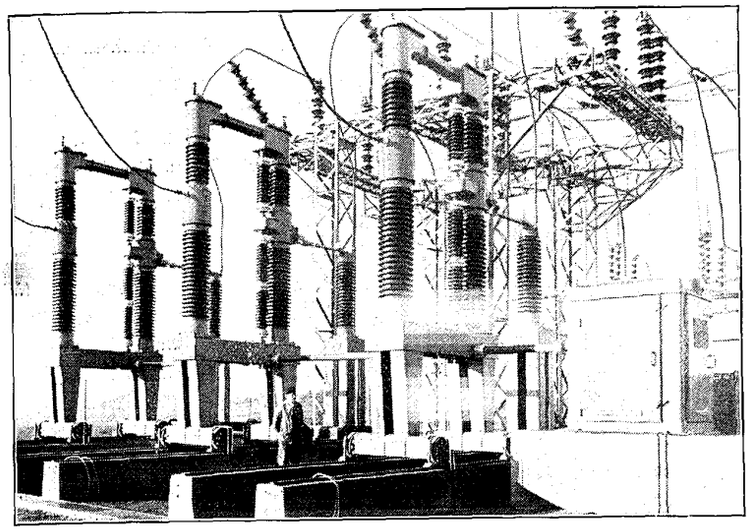
Téléph. : Trinité 08-72 08-73

1.1.8

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

LA POLITIQUE DE SÉCURITÉ DELLE



pour l'extérieur:

peu d'huile!

Les Disjoncteurs Orthojecteurs à faible volume d'huile, présentant toutes garanties de sécurité, au même titre que les disjoncteurs dans l'huile actuels, offrent, de plus, d'appréciables facilités:

d'installation

Eléments beaucoup plus légers - 500 Kgs maximum (châssis excepté).

80 litres d'huile par pôle seulement pour un 220.000 v.

d'exploitation et d'entretien

Filtrage de l'huile simplifié. Contrôle des parties actives par un seul homme. Coupure visible après déclenchement.

DISJONCTEURS ORTHOJECTEURS TYPE HPE

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE

DELLE

25, Chemin de Cyprian - LYON - VILLEURBANNE

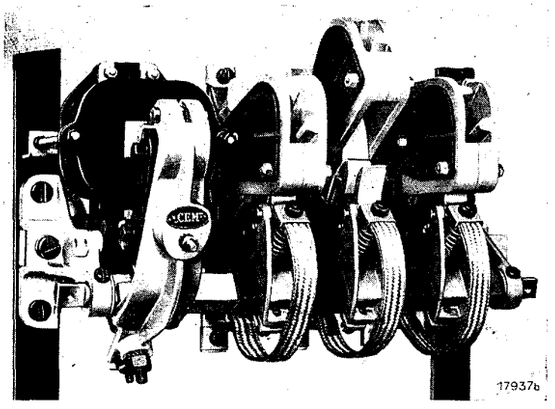
http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres

Association des Centraliens de Lyon

L'Appareillage à Contacteurs

Par l'utilisation des contacteurs, les machines ou installations — simples ou complexes — peuvent être mises en route et arrêtées au moyen du geste le plus réduit : appuyer sur un **bouton**, ou même **automatiquement**, par exemple



Cliché Cie Electro-Mécanique.

Contacteur " CEM " sur ossature métallique.

lorsqu'une pièce arrivera à une position fixée, lorsque le niveau de l'eau ou la pression d'un gaz aura atteint une valeur déterminée, etc...

L'ouvrier conduisant une machine commandée par boutons-poussoirs n'hésitera plus — en raison de la simplicité de manœuvre — à arrêter son moteur au lieu de le laisser tourner à vide. De plus, les mouvements d'une machine peuvent être tous commandés de plusieurs endroits.

La construction des contacteurs « CEM » sur **ossature métallique** donne des appareils robustes et se prêtant bien à l'emploi dans l'industrie.

Les organes fixes de ces contacteurs sont tous montés sur une traverse carrée en acier, de forte section. Cette traverse ainsi que l'arbre portant l'armature et les contacts mobiles, sont supportés par deux flasques de fixation assurant une parfaite stabilité à l'ensemble du bloc ainsi constitué.

Les **contacts** sont argentés afin d'éviter leur oxydation et disposés de manière que le courant passe normalement à leur partie inférieure tandis que les étincelles de rupture attaquent seulement leurs extrémités supérieures. Un puissant soufflage magnétique, combiné avec un dispositif de centrage et d'extinction rapide de l'arc et une ouverture brusque des contacts assurent un pouvoir de coupure élevé.

Les contacteurs « CEM » sont prévus pour pouvoir recevoir, s'il est utile, plusieurs contacts auxiliaires et des relais.

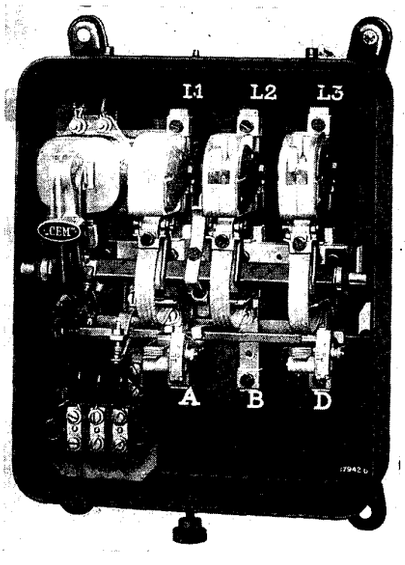
Il en résulte, pour les coffrets normaux, la **suppression des connexions principales** entre contacteurs et relais. D'autre part, les connexions secondaires en fil rigide isolé, sont amenées à **des bornes repérées.**

Le branchement du coffret se fait donc aisément et sans hésitation, de même que la vérification des connexions — visibles et accessibles.

La protection assurée par les coffrets à contacteurs « CEM » est aussi efficace, vis-à-vis des surintensités faibles et de longue durée que dans le cas des fortes surcharges, ce qu'ils doivent aux déclencheurs thermiques à forte capacité thermique qu'ils comportent normalement.

Rappelons ici que l'ensemble « **Moteur Autocem** (à démarreur centrifuge) — **Coffret à contacteur** » constitue la solution la plus économique pour la commande automatique d'une machine ou d'une installation (station de pompage automatique, par exemple). Il y a lieu de noter que le moteur Autocem peut être exécuté pour les conditions de démarrage les plus pénibles : lents (essoreuses), fréquents (ascenseurs), fort couple (compresseurs, pompes à piston, etc...).

Pour les **moteurs à bagues** dont l'emploi est obligatoire si le réglage de vitesse est nécessaire, les résistances de démarrage (et de réglage) sont éliminées progressivement par un équipement rotorique.



Cliché Cie Electro-Mécanique.

Coffret contacteur-disjoncteur 40 ampères.

Lorsque les conditions d'installation l'exigent, les coffrets ou équipements sont construits **étanches,** avec dispositifs de raccordement des plus variés, ou même groupés en **tableaux blindés,** avec caissons étanches pour les jeux de barres et appareils divers.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr

http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Prévisions...

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

L'Avenir de l'Electricité

par M. R. MONTFAGNON
Licencié ès sciences, Ingénieur Docteur E. C. L.

Il serait téméraire d'essayer d'avoir la vision de l'avenir réservé à l'électricité et à ses applications, lorsqu'on considère tout ce qui a été accompli en ces dernières années, et l'extrême rapidité de développement des techniques d'application. A peine peut-on concevoir ce que deviendra l'industrie dans un proche avenir, sous l'empire de cette science qui, de plus en plus, semble devoir comprendre toutes les autres sciences physiques.

Tous les phénomènes constatés, sauf peut-être l'attraction gravifique, ont une cause intime de nature électrique, de caractère souvent occulte, mais que les moyens modernes d'investigation ont permis de déceler; de sorte qu'on serait en droit de parler non point de l'avenir de l'électricité, mais plus généralement de la Physique, de l'avenir de l'Industrie humaine.

On peut envisager d'une part, les progrès et les possibilités résultant soit d'une amélioration, soit d'une généralisation de la technique, s'appuyant sur des principes déjà connus et exploités; d'autre part les progrès et les applications probables de la science pure dont dépendra nécessairement la technique et l'industrie d'une époque immédiatement postérieure. Il y a en effet une absolue continuité entre la science pure et ses applications, entre la science d'aujourd'hui et l'industrie de demain, et jamais cette vérité ne s'était affirmée avec autant de force, avant que l'électrotechnique ait acquis ce rôle de tout premier ordre dans notre civilisation matérielle.

Toute notre industrie, toute notre activité, fait appel à une unique entité: l'ENERGIE. La science physique est la science de l'énergie: « Transport et transformation de la matière et de l'énergie », ainsi se résument tous nos besoins et tous nos moyens matériels, et le transport et la transformation de la matière, ne sont eux-mêmes en dernière analyse, qu'une transformation de l'énergie.

S'il est vrai qu'une crise économique sans précédent ait semblé paralyser tout accroissement de production d'énergie électrique, il n'est pas moins vrai qu'il ne s'agit là ni d'une saturation, ni de la fin du monde, et ce n'est pas se montrer trop optimiste que d'affirmer dès à présent que le réveil n'est même plus une question d'années, mais une question de mois.

Or, il n'est pas douteux qu'après la crise, de formidables besoins d'énergie se révéleront et, à moins qu'on ne trouve un moyen nouveau de condenser l'énergie sous un faible volume et sous une forme directement utilisable, c'est à l'électricité qu'on devra faire appel. Mais nos besoins en énergie électrique sont ainsi destinés à s'accroître dans des proportions telles, qu'ils posent dès l'heure de très graves problèmes.

La puissance des usines thermiques apparaît comme devant être très limitée; il serait même éminemment souhaitable qu'une discipline intelligente de la machine économique mondiale mette fin au gaspillage, à la folle prodigalité de l'énergie accumulée sous forme de houille et de pétrole, pour la réserver aux applications strictement indispensables. Nous devons au contraire diriger nos efforts vers l'utilisation des ressources que la nature peut dispenser indéfiniment. Les sites les plus favorables ayant été aménagés les premiers, la houille blanche elle-même ne peut être exploitée sans soulever des difficultés techniques et financières croissantes.

Un jour viendra fatalement, où nous devrons tourner nos regards vers d'autres sources. L'utilisation de l'énergie thermique des mers ne semble pas devoir entrer bientôt dans le domaine pratique, malgré les travaux de G. Claude, qui a pu vérifier des principes pouvant être féconds; mais la réalisation d'usines marée-motrices, ne paraît pas soulever des difficultés insurmontables, et l'amplitude des marées observées près de certaines côtes, justifierait pleinement des projets. D'un autre côté, l'utilisation de l'énergie éolienne peut revenir en honneur dans certains cas (à Balakava : usine triphasé de 130 KW.). Enfin, il n'est pas chimérique de croire que nous pourrons un jour exploiter directement le rayonnement solaire, voire même capter et utiliser l'électricité atmosphérique, rêve des premiers pionniers de l'électricité.

Les problèmes les plus sérieux que soulève l'utilisation de l'énergie électrique, proviennent de cette tare inhérente qu'elle ne peut pratiquement pas être accumulée (faible capacité des accumulateurs) : elle doit être produite au moment même où elle est consommée. De cette caractéristique est née la branche importante de l'industrie électrique qu'est le transport ou transmission de l'énergie.

Il semblerait que la technique du transport d'énergie soit stabilisée, et qu'on ne puisse plus guère espérer que des améliorations de détails et en particulier d'appareillage. Or les récents progrès réalisés dans les soupapes ioniques, et plus spécialement dans les soupapes à cathode de mercure et grille commandée pouvant être utilisées comme onduleurs, simplifient singulièrement la transformation du courant alternatif en courant continu et inversement. Ainsi, est-il permis d'envisager le transport de l'énergie électrique à grande distance sous forme de courant continu à haute tension; la distribution se faisant toujours en courant alternatif en raison des facilités de transformation de celui-ci.

L'avantage principal de ce mode de transport provient du fait que les diélectriques hétérogènes (isolateurs, papier imprégné...) résistent indéfiniment à des contraintes continues voisines de la tension

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

de rupture, tandis qu'ils cèdent plus ou moins rapidement à l'effet de tensions alternatives beaucoup plus faible (analogie avec l'effet des forces alternatives sur les essieux). On montre ainsi que la capacité des lignes aériennes actuelles pourrait être accrue de 40 %. D'autre part, par l'emploi de câbles souterrains, on pourrait réaliser des transports à des tensions de 1 million de volts, et éviter tous les inconvénients des lignes aériennes, pour un prix de revient à peine supérieur, à capacité égale.

Cependant, les onduleurs de très grande puissance ne sont pas encore complètement au point (non sinusoïdaux), enfin, toute la technique du transport serait à reprendre; par exemple, l'énorme capacité électrostatique des câbles impliquerait de sérieuses sujétions (décharge instantanée dangereuse). Il faut également noter que la distinction entre réseau de transmission et réseau de distribution est de plus en plus difficile (usines sur le parcours, chemins de fer, etc...). Toutefois, il n'est pas impossible que nous soyions à la veille d'un profond revirement dans le domaine du transport d'énergie.

En ce qui concerne la distribution en courant alternatif, il semble bien que de très importantes améliorations puissent être apportées; la transmission de l'énergie réactive en particulier, conduit à des rendements inadmissibles, dus à une tarification imprévoyante. On aurait intérêt à toujours produire cette énergie réactive aux lieux d'utilisation par l'emploi de condensateurs statiques, qui pourrait être généralisé le jour où ils seront économiques. Enfin, il est maintenant prouvé que la fréquence 50 ne correspond plus au critérium des matériaux des machines actuelles, tandis que la fréquence 80 conviendrait beaucoup mieux (fréquence adoptée sur « Normandie »). Il ne serait pas indiqué d'entreprendre une modification générale qui entraînerait d'énormes difficultés, mais on peut espérer que l'emploi de soupapes ioniques fonctionnant en changeurs de fréquence statiques, permettrait d'envisager le problème sous un autre angle.

Dans le domaine de l'utilisation, le perfectionnement, la généralisation des applications actuelles et la mise au point d'applications nouvelles de l'électricité, qui s'est étendue à tous les rouages de l'activité humaine, permettent d'affirmer que les espoirs des courageux ingénieurs confiants en l'avenir seront largement dépassés. Qu'il s'agisse de l'emploi comme force motrice électrométallurgie, électrothermie (chimie, production de vapeur, chauffage du sol, fours électriques, chauffage pendant les heures creuses), les puissances actuellement mises en jeu sont déjà considérables. L'Industrie des transports, si intimement liée au développement du progrès, n'échappe pas à la domination de cette toute puissance. L'électrification des chemins de fer, pour l'instant paralysée par des questions d'ordre financier ou stratégique, est cependant la solution de l'avenir. La question des transports en commun a souvent soulevé de mémorables polémiques sur le mode convenant dans chaque cas; on admet aujourd'hui que le trolleybus (dont la mise au point a posé quelques problèmes délicats, par exemple pour maintenir le véhicule au potentiel du sol) est le mode le plus économique dans le cas de trafics moyens (départs à intervalles de 10 à 50 minutes), l'autobus à moteur est avantageux pour les trafics peu importants, tandis que le tramway reprend l'avantage pour les gros trafics.

L'électrification des campagnes apporte de jour en jour à l'agriculture, qui devient elle-même une industrie à mesure que ses moyens se mécanisent, les bienfaits de l'énergie souple, maniable, docile. En Angleterre, l'industrie sucrière utilise couramment le labourage électrique ; il ne semble pas qu'en France, des efforts sérieux aient été tentés en ce sens, probablement par suite de l'extrême diversité du sol français. En revanche, les applications domestiques de l'électricité commencent à prendre un développement qui est destiné à s'accroître, à se généraliser dans des proportions qu'il est difficile de limiter.

Devant la diminution de consommation, résultant de la crise économique, un effort considérable a été fait par les compagnies intéressées, en vue de la diminution du prix de l'énergie destinée à d'autres usages que l'éclairage, et relever ainsi la consommation générale. Les problèmes concernant la continuité dans le service de distribution sont à ce sujet extrêmement sérieux. L'adaptation aux besoins, par accumulation hydraulique (stations de pompage) est limitée, et ne diminue en rien la surcharge des réseaux aux heures de pointe; aussi fait-on concurremment appel à l'accumulation d'énergie thermique chez l'abonné lui-même, d'où une tendance marquée au développement du chauffage électrique par accumulation.

Une des premières applications pratiques de l'électricité est sur le point de subir une véritable révolution; on admettait depuis plusieurs années que la lampe à incandescence était à la limite de ses progrès, or la fabrication de lampes à filament doublement spiralé apporte une sensible amélioration de rendement. Mais on nous annonce des lampes d'un rendement inconnu jusqu'à ce jour, car il semble que l'emploi de tubes luminescents doive bientôt se substituer à ce mode primitif (vapeur de Hg, Na, Néon, Xénon). En dehors de leur emploi publicitaire et pour l'éclairage des voies d'accès des grandes villes et des routes, qui se multiplie, on est parvenu à réaliser des tubes au Néon à basse tension permettant d'obtenir, en les combinant judicieusement à des tubes au mercure, une lumière suffisamment voisine de la lumière naturelle, pour être utilisée dans les lieux publics et habitations privées; on réalise dans le même but des tubes à anhydride carbonique.

Les appareils basés sur les phénomènes d'induction semblent parvenus à un degré tel qu'on ne peut espérer que des améliorations de détail. Au contraire, les appareils qui utilisent les décharges dans le vide ou les gaz raréfiés, sont l'objet de progrès incessants qui leur permettent des applications industrielles de jour en jour plus importantes.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Ce n'était hier que curiosités de la science qui envahit peu à peu l'industrie. Les applications industrielles des tubes électroniques sont depuis quelques années déjà, entrées dans la pratique courante; c'est ainsi que les lampes à trois électrodes, à électrodes multiples, ont déterminé l'essor de la T. S. F. en constante évolution (rôles multiples joués par une seule lampe).

La radiotechnique, de jour en jour plus poussée, s'attaque aux problèmes les plus délicats et caractérise une industrie de technique difficile (antiparasites, compromis entre une bonne musique et une bonne sélectivité, sélectivité variable).

Nous assisterons bientôt à la généralisation de l'emploi des redresseurs à 2 électrodes (Kénotrons) à vide très poussé et cathode incandescente, des soupapes à gaz raréfiés (soupapes ioniques).

Les Thyratrons, relais de sensibilité extrême, sont capables de commander des puissances importantes. Les uns sont à cathode incandescente et à atmosphère d'argon ou de mercure; les autres, à cathode de Hg, sont susceptibles d'intéresser des puissances beaucoup plus grandes et peuvent être munies de grilles permettant le réglage de la tension (redresseurs). Elles permettent également de faire fonctionner des appareils en onduleurs utilisés en traction électrique, non seulement pour la récupération, mais pour le freinage électrique (Chemin de fer Sud-Africain de Vase Reenan et Colsworth).

Les thyratrons commencent aussi à être utilisés pour la commande de moteurs type alternatif, en étoile, à rendement élevé à toutes allures de marche et à réglage très souple de vitesse et de couple. Ces moteurs possèdent alors toutes les caractéristiques des moteurs série à courant continu, et la commande par grilles joue le rôle de collecteur. Citons encore l'emploi de stabilisateurs de tension à réglages par lampes thermoioniques.

Les perfectionnements des cellules photoélectriques permettent dès aujourd'hui les réalisations les plus hardies : cinéma parlant, commandes et réglages automatiques, météorologiques à l'aide de relais, balances automatiques, protection de locaux par rayons invisibles, dispositifs de sécurité des chemins de fer, dénombrement des mouvements ou des objets, surveillance, commande des fours, des réactions chimiques...

Autre application des tubes électroniques, le microscope électronique permet l'examen des métaux et la radiométallographie ouvre de nouvelles possibilités (un champ magnétique ou électrique, symétrique par rapport à un axe, se comporte vis-à-vis des rayons électroniques, comme des lentilles vis-à-vis de la lumière).

Les récents progrès de la télévision cathodique (mise au point de la synchronisation, analyse électronique de l'image par caméras électroniques) permettent d'espérer la réalisation prochaine du télécinéma. La télévision, limitée actuellement à la diffusion de scènes simples, est appelée à assurer dans un avenir proche, la diffusion de manifestations particulièrement théâtrales et spécifiquement visuelles.

Une des caractéristiques de demain les plus marquées, sera l'essor de la télécommunication : T. S. F., télévision, télémétrie, télécommande, radiogoniométrie, atterrissage sans visibilité des avions, les radiations bactéricides, la précipitation électrique des poussières, les oscillographes cathodiques, les régulateurs électriques de précision des machines, sont autant d'applications auxquelles la photoélectricité, la radio-électricité, la piezzo-électricité, les lampes à électrodes multiples, les tubes électroniques, les rayons cathodiques, apportent des solutions nouvelles et toujours perfectionnées.

Destinés à vivre dans un monde de plus en plus mécanisé, nous verrons bientôt la télécommunication, jouer un tel rôle dans nos organisations, que leur suppression accidentelle aura sur l'activité générale des répercussions plus graves encore que celles observées lorsqu'une grande ville vient à être privée de lumière.

Le rôle de l'électron libre dans l'art de l'ingénieur ouvre un champ considérable d'applications nouvelles.

Dans un domaine d'idées singulièrement plus profond, les recherches poursuivies sur la structure de l'électron, sur la physique nucléaire, les rayons cosmiques, permettent d'affirmer que l'ère des grandes découvertes est loin d'être close.

Si l'électricité peut s'expliquer par les électrons, l'électron ne s'explique pas comme étant de l'électricité. On sait encore bien peu de chose sur cet élément, et de nombreux paradoxes demeurent encore inexpliqués. Les conclusions des savants les plus autorisés sont souvent contradictoires. Par exemple, la cohésion de l'électron équilibré par la pression de Poincaré, et dont la notion de rigidité, implique une tansmission instantanée d'une force, est en contradiction avec la théorie de la relativité.

Les relativistes sont portés à considérer l'électron comme un point singulier dans le substratum universel, et où les paramètres caractérisant l'état de l'éther, prennent des valeurs exceptionnelles. Les particules matérielles élémentaires, positions nodales de l'éther, se prolongeraient à l'extérieur dans le champ électrique qui leur est invariablement lié. Cependant, les physiciens de laboratoire, ont donné de larges preuves que ces particules semblent être de petits corpuscules étrangers à l'éther.

Nous ignorons encore tout de la nature, de la structure de ces corpuscules, qui sont probablement eux-mêmes des organismes complexes, et dont les dimensions ne sont peut-être pas absolument définies. Nous ne connaissons pas la cause qui maintient leur énergie localisée.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

Certains fait semblent indiquer que l'électron est doué d'une polarité magnétique ; les courbures de certaines trajectoires résulteraient des réactions sur le doublet du champ induit dans le milieu supposé légèrement paramagnétique. On interprète aussi certaines particularités des raies spectrales, comme étant dues au moment magnétique des électrons animés d'un mouvement de rotation (pivotement de l'électron).

L'électron est actuellement l'ultime élément auquel s'arrêtent nos connaissances, mais par contre, l'aspect de la physique nucléaire a été singulièrement modifié par les récentes grandes découvertes qui ont été rendues possibles grâce au prodigieux développement de la technique et en particulier à la mise au point de deux instruments. Le Compteur de GEIGER qui permet d'enregistrer le passage à travers l'appareil, de particules individuelles (particules α, protons, électrons, et même photons), et la chambre de WILSON permettant de photographier les trajectoires de ces particules et de déterminer leur masse et parfois leur charge.

Les travaux de Bothe, Becher, Juliot-Curie, Anderson, de Broglie, Jean Thibaud, ont mis en évidence l'existence de l'électron positif et du neutron. On a vérifié que la charge spécifique e/m de l'électron positif ou « positron » est du même ordre de grandeur que celle de l'électron négatif. La masse du neutron est égale à la masse du proton qui est lui-même la combinaison d'un proton et d'un positron.

D'autres particules ont été étudiées :
le Neutriron = positron+électron (Francis Perrin) ;
le Deuton : noyau de dentérium (ou H lourd) de masse 2 est formé par la juxtaposition de 2 protons et 1 électron.

La particule α, ou hélion, représente le noyau d'hélium, formé de 4 protons et 2 électrons, soit deux deutons.

Selon les conceptions actuelles, le noyau atomique apparaît comme une petite région de l'espace où un groupement de particules douées de masse et de charges est entouré d'une barrière de potentiel. Lorsque certaines particules ont une énergie suffisante, elles peuvent franchir cette barrière et s'approcher des parties sensibles du noyau. On applique aujourd'hui au noyau, les données de la mécanique ondulatoire et de la mécanique quantique qui rendent compte des probabilités de désintégration d'où résulte la loi exponentielle de la radioactivité. La désintégration β se produit par une transformation de neutrons en protons avec émission d'un électron négatif, ou par la transformation de proton en neutron avec émission de positrons. La désintégration α n'offrirait les conditions de stabilité que pour des nombres atomiques supérieurs à 83. On l'observe cependant jusqu'à 62 (samarium). En général, une transformation est possible si la somme des masses des particules résistantes est supérieure à la masse de la particule qui se désintègre.

L'émission corpusculaire et le rayonnement ondulatoire sont à la base des phénomènes optiques, d'où il faut conclure à l'existence d'un lien indestructible encore imparfaitement connu, entre les ondes et les corpuscules. Ainsi, l'électron comporte un groupe d'ondes associées ; la différence de vitesses entre celle de l'électron et celle de ces ondes associées peut être considérable. ($vu = C^2$; u = vitesse de l'onde, v = vitesse de la particule). Ce train d'onde qui accompagne et qui guide l'électron à une fréquence extrêmement élevée (1 million celle de la lumière visible).

Sir J. J. Thomson propose une nouvelle conception de l'électron, qui aurait une double structure: l'une où l'énergie est localisée, serait formée d'un certain nombre de lignes de force électriques ; l'autre serait constituée d'un train d'onde en résonance avec l'électron. Comme pour la lumière, la théorie ondulatoire et la théorie corpusculaire se complètent.

Thomson admet aussi que l'électron est constitué d'éléments plus petits pouvant vibrer suivant une répartition quantique de l'énergie.

N. S. Japolsky considère un système d'ondes électromagnétiques (tourbillons électromagnétiques) pouvant être stables en satisfaisant aux postulats de la théorie de la relativité, de la mécanique quantique, et à la relation de de Broglie, entre la vitesse d'une particule et la vitesse de propagation de ses ondes. L'inertie électromagnétique satisfait à l'équation d'Einstein (relation entre masse et énergie). Il distingue deux classes de tourbillons, selon la relation des secteurs électriques et magnétiques dans leur champ électromagnétique.

L'électron négatif et les protons sont considérés comme des tourbillons électropolarisés, les électrons positifs et les quanta de rayons cosmiques, comme des tourbillons magnétopolarisés. Il suggère que la grande vitesse des particules cosmiques peut n'être qu'aparente et que leur pouvoir pénétrant et le grand rayon de courbure de leur trajectoire dans un champ magnétique peuvent provenir de la faible valeur des forces mutuelles entre tourbillons contre-polarisés.

La **gravitation** pourrait s'expliquer par l'action réciproque de tels tourbillons.

Dans un même ordre d'idées, les études sur les rayons cosmiques et l'**ionosphère,** apportent chaque jour de nouvelles lumières. C'est ainsi qu'on est parvenu à distinguer deux groupes de rayons cosmiques : un groupe de rayons durs qui ont une origine extra-terrestre, et où prédominent les particules positives (probablement des électrons +) et de très grande énergie (déduit de l'effet de l'Altitude, de l'effet Est-Ouest) ; le groupe de rayons mous, de formation secondaire (augmentent si on approche des compteurs, des écrans de plomb ou autre) sont absorbés beaucoup plus vite que les rayons

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

durs, par lesquels ils sont peut-être produits. Les rayons cosmiques corpusculaires subissent dans l'atmosphère des chocs accompagnés de pertè d'énergie et d'émission de photons de grande énergie.

La cause de l'ionisation de l'air, le maintien du courant vertical et le mécanisme de la foudre sont les trois problèmes fondamentaux de l'électricité atmosphérique. Les conditions météorologiques en modifiant le nombre des noyaux de condensation et la mobilité des ions, influent sur la conductibilité (1). Le champ électrique est dû au courant vertical, entretenu par une f. e. m. d'origine cosmique.

Certains auteurs considèrent la Terre aimantée et portant une charge électrique. L'énergie des corpuscules cosmiques serait due à l'attraction électrostatique, et le potentiel de la terre serait du aux faisceaux de particules chargées émanées du soleil.

On est conduit à penser que la température de l'atmosphère augmente avec l'altitude. A 300 kilomètres, elle serait de 1.200° K. Elle serait beaucoup plus élevée en été qu'en hiver, et le maximum d'ionisation aurait lieu un peu après minuit.

L'étude de l'ionosphère a conduit à des recherches sur la radioélectricité atmosphérique, englobant à la fois l'étude des réactions de l'atmosphère sur les ondes radioélectriques, et l'exploration de l'atmosphère à l'aide de ces ondes. Cette nouvelle science n'est pas un agrégat hétéroclite, elle appartient à la météorologie, à la radioactivité et à la géophysique, et se développe grâce à des observations multiples dans tous les domaines.

Chaque jour, s'élargit le champ d'application de la science universelle de l'électricité ! Peut-être sommes-nous à la veille de capter l'énergie des édifices atomiques et par evanescence de la masse. La transmutation des corps devient une réalité. Tels phénomènes qui, hier encore étaient dans le domaine de l'empirisme, voire même de la superstition, deviennent bientôt le point de départ de techniques nouvelles. On étudie aujourd'hui, très sérieusement, la prospection géophysique du sous-sol par de multiples procédés électriques. Les premières observations de l'action de l'électricité sur les plantes remontent au XVII[e] siècle, mais on sait maintenant que l'ascension de la sève résulte non seulement d'actions capillaires, mais aussi de phénomènes d'osmose, et on peut provoquer la mort en 12 heures en égalisant les potentiels entre deux parties d'une branche.

En médecine, en biologie, en dehors des applications thérapeutiques de l'électricité, l'étude des méthodes d'électrodiagnostic se poursuivent activement (rhéobase, chronaxie, excitabilité par décharges de condensateurs).

Enfin, l'autorité, la gravité des savants qui s'intéressent aujourd'hui à l'étude des ondes humaines, de la radiesthésie, permettent d'affirmer qu'on n'a plus le droit de sourire de certaines anticipations.

Une telle rapidité d'évolution pose de hauts problèmes sociaux, moraux et philosophiques. La physique moderne subit une grave crise de doctrine; le déterminisme n'existe qu'à l'échelle humaine et n'est plus valable pour l'infiniment petit. Du point de vue social, les possibilités nouvelles permettent d'entrevoir le rôle qu'aura à jouer l'Ingénieur, et qu'il devrait jouer à notre époque dans la société civilisée. Mais on conçoit aussi quelles devraient être la formation étendue de l'Ingénieur de maîtrise qui, non seulement devrait posséder un formidable bagage de connaissances, mais aussi toutes les qualités d'un chef. Il devrait posséder au plus haut degré, une curiosité aigüe, une rigueur de pensée, une discipline de l'esprit, un sens de l'autorité qui lui permette de saisir au passage le rythme du monde et de s'y adapter. Le bien-être matériel dépend des audaces de l'esprit, et ce serait une chimère que de prétendre en limiter les élans.

Sans doute nos progrès d'organisation n'ont pu suivre nos progrès d'acquisition ; mais ce serait une grave erreur que d'attribuer la cause de nos maux à toute une génération de savants et d'ingénieurs. L'impatience même du public à recueillir le fruit de leurs efforts, est un éloge tacite à leur adresse, et ceux qui ont consacré le meilleur d'eux-même aux travaux désintéressés dont les bénéfices transforment le monde, ont droit à la reconnaissance de l'humanité.

R. MONTFAGNON (E.C.L. 1931).

(1) La pluie par exemple provoque une réduction considérable de la conductibilité due aux ions positifs entraînant ainsi l'apparition d'un champ négatif.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

La Cuisine au Gaz

La cuisine au gaz prend de jour en jour une plus grande extension aussi bien dans le petit ménage que dans le grand restaurant et il nous a semblé intéressant de rechercher quelles étaient les causes de cette rapide évolution.

Le gaz est d'abord un combustible qui se rend à domicile, ce qui est appréciable, évite le stockage, source de poussières et de dépenses avant utilisation.

La dépense de gaz est en outre proportionnée à l'usage que l'on veut faire. Une fois que les aliments sont cuits, elle cesse, tandis que le charbon, la cuisine finie, continue à brûler ce qui, sans parler de dépenses inutiles, n'est pas agréable surtout en été.

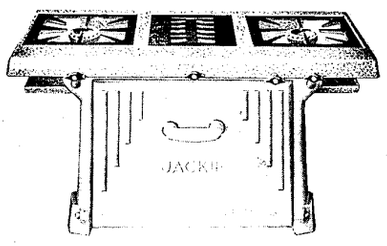
La chaleur dégagée par le gaz est constante. En outre sa puissance de chauffe est facilement réglable. La flamme des brûleurs est très vive et nerveuse telle celle du feu de sarment et permet de saisir les mets, de faire des fritures, etc.

Par sa commodité et sa souplesse le gaz permet d'effectuer toutes sortes de cuisine, même la plus raffinée : les plats les plus difficiles se font avec la plus grande régularité et sans crainte d'insuccès.

Les premiers appareils, créés il y a un peu plus de cinquante ans pour cet usage, étaient de trois types :

Le réchaud à deux feux pour les petits usages ;

Le réchaud-four qui, ainsi que son nom l'indique, était composé d'un réchaud et en dessous d'un four pour rôtis, gratins, etc. ;

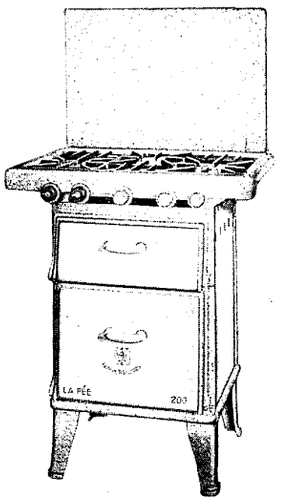


La cuisinière, modèle perfectionné du réchaud-four, d'utilisation plus importante.

Depuis cette époque de nombreuses améliorations ont été apportées tant dans le fonctionnement que dans la présentation.

Les nouveaux brûleurs par leur forme, leur conception ont un rendement très élevé et font du gaz le combustible le plus économique.

Au point de vue présentation et entretien, des progrès énormes ont été réalisés avec des robinetteries perfectionnées, avec l'émaillage ou le chromage de toutes les pièces. Par sa ligne sobre, moderne, une cuisinière à gaz devient un meuble élégant et indispensable dans une cuisine.



En considérant les derniers modèles créés par les Etablissements Brachet et Richard, la vieille maison Lyonnaise qui a été la première à fabriquer en 1883 les appareils de cuisine au gaz et qui occupe toujours une place prépondérante dans cette industrie, nous retrouvons à la base de la fabrication, les trois mêmes prototypes d'appareils qu'au tout début : réchaud, réchaud-four et cuisinière.

Si les recherches, le progrès ont apporté des améliorations considérables qui ont permis la vulgarisation des appareils de cuisine au gaz, outils indispensables des modernes ménagères, il est néanmoins intéressant de constater que, malgré le temps et l'évolution, la base de départ de cette industrie et sa ligne de conduite se révèlent comme toujours les meilleures.

Ets BRACHET & RICHARD

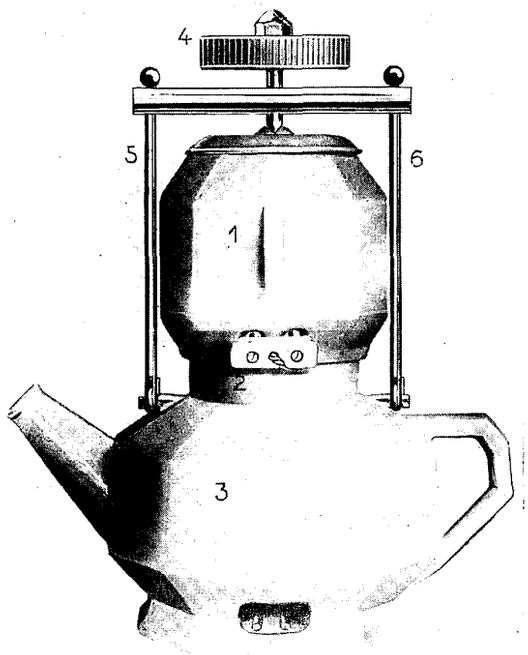
LYON -:- 38, Rue St-Maurice, 38 -:- LYON

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

La Cafetière Automatique Electrique PHÉBUS vous apporte pour la préparation d'un café supérieur ;

PERFECTION - RAPIDITÉ - ÉCONOMIE



ETS PHÉBUS

32, rue de la Thibaudière

PHÉBUS

Tél. P. 16-55

LYON

L'opération se faisant en vase clos, il n'est perdu aucune des essences formant l'arome du café. En utilisant de l'eau à 80° environ, 3 minutes suffisent pour effectuer l'opération, l'eau étant distribuée par saccades, et permettant d'englober tout le café dans un mélange d'eau et de vapeur donnant une pression et une fourniture de calories qui extrait tous les sucs du café.

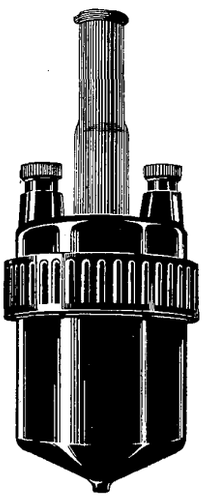
Avec le

Chauffe-Eau PHÉBUS

Instantanément de l'eau chaude

S'adapte à tous les robinets
quelle que soit la pression

Une prise de courant
C'est tout...



Fonctionne sur courant alternatif 110 ou 220 volts

En 1 minute, 1/2 litre d'eau chaude à 50 degrés pour **1** centime

Aucun danger -:- Rendement inégalé

"PROGIL"

Anciennement

PRODUITS CHIMIQUES GILLET & FILS

Société Anonyme au Capital de 50.000.000 de Francs

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX : 10, Quai de Serin, LYON

Téléphone : BURDEAU 15-31 — Télégrammes : PROGIL

USINES à

Lyon-Vaise, Les Roches-de-Condrieu (Isère), Pont-de-Claix (Isère), Ris Orangis (S.-et-O.), Clamecy (Nièvre), Condat-le-Lardin (Dordogne), Avèze-Molières (Gard), Saint-Jean-du-Gard (Gard), Labruguière (Tarn), Saint-Sauveur-de-Montagut (Ardèche).

PHOSPHATE DE SOUDE POUR ÉPURATION D'EAUX

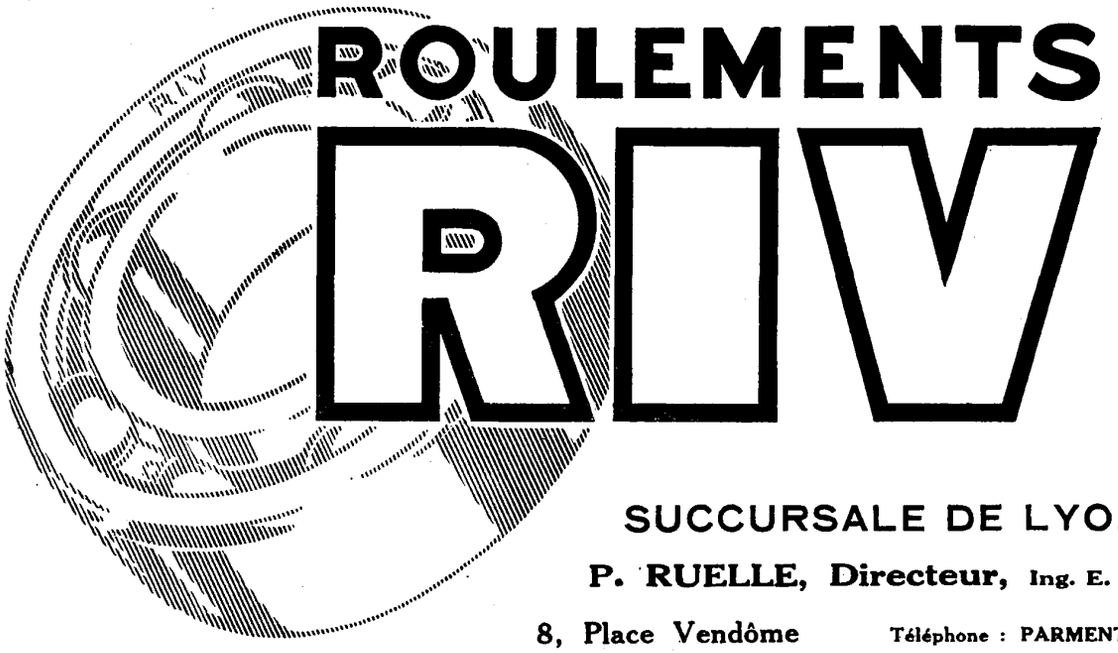
http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

PARIS — 14, Avenue de la Grande-Armée.

LE ROULEMENT
SOCIÉTÉ ANONYME

Téléphone : ETOILE 03-64, 03-65.



SUCCURSALE DE LYON

P. RUELLE, Directeur, Ing. E. C. L.

8, Place Vendôme Téléphone : PARMENTIER 30-77

BREVETS D'INVENTION

MARQUES DE FABRIQUE

DESSINS ET MODELES

EN FRANCE ET A L'ETRANGER

CABINET FONDÉ EN 1849

GERMAIN & MAUREAU

Ing. E. C. L. Ing. I. E. G.

MEMBRES DE LA COMPAGNIE DES INGÉNIEURS-CONSEILS EN PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RECHERCHES
TRADUCTIONS
ACTES DE CESSION
CONTRATS DE LICENCES
CONSULTATIONS
sur toutes questions de
propriété commerciale et industrielle

31, rue de l'Hôtel-de-Ville, LYON - Tél.: Fr. 07-82

12, rue de la République, St-ETIENNE - Tél.: 21-05

Le Gérant : A. SOULIER

Imprimeries Réunies, 33-35, rue Rachais, Lyon.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net

Ecole Centrale de Lyon
Bibliothèque Michel Serres
Association des Centraliens de Lyon

G. CLARET

(Ingénieur E. C. L. 1903)

Téleph. : FRANKLIN 50-55 — 38, Rue Victor-Hugo — LYON — Adr. Télégr. : SERCLA - LYON

ZERHYD

(L'AUXILIAIRE DES CHEMINS DE FER ET DE L'INDUSTRIE)

117, quai Jules-Guesde, VITRY-SUR-SEINE

ÉPURATION ET FILTRATION DES EAUX

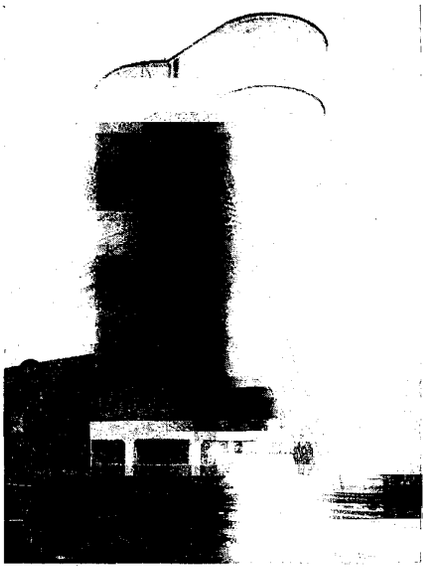
PAR TOUS PROCÉDÉS

Épurateurs Chaux et Soude et Thermosodiques
.. .. Adoucisseurs d'eau ZERHYD
.. .. Filtres à sable UNEEK
.. . . Deferrisation
.. .. Javellisation

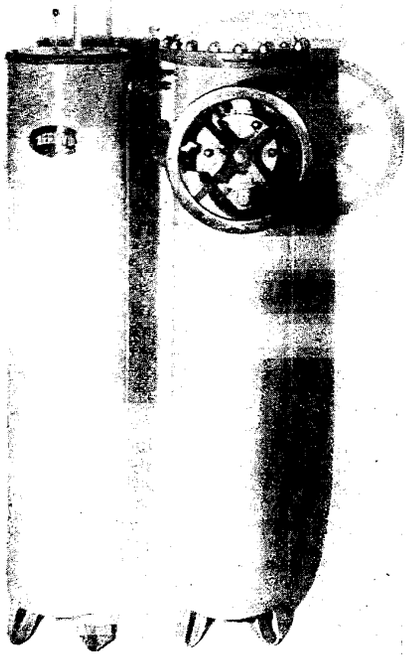
■

TRAITEMENT
COMPLET
DES EAUX
DE PISCINES

■



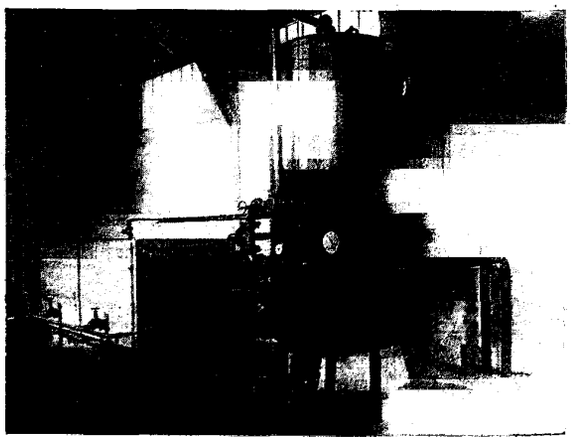
Épurateur chaux et soude



Adoucisseur d'eau ZERHYD, Type automatique à robinet unique avec bac à sel.

TOUTES
INSTALLATIONS
A USAGE
URBAIN
INDUSTRIEL
ET
DOMESTIQUE

▼



Adoucisseur d'eau ZERHYD. Type industriel.

http://histoire.ec-lyon.fr
http://bibli.ec-lyon.fr
http://www.centraliens-lyon.net